

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Факультет «Автотранспортный»
Кафедра «Колесных и гусеничных машин»

РАБОТА(ПРОЕКТ) ПРОВЕРЕНА

Рецензент

_____ 2019г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

к.т.н., профессор

_____ Бондарь В.Н.
_____ 2019 г.

Улучшение эксплуатационных характеристик автомобиля КАМАЗ-4326 путем
модернизации штатной раздаточной коробки

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ (ПРОЕКТУ)
ЮУрГУ–23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР

Консультанты

старший преподаватель

_____ Лелекова С.Ю.
«__» _____ 2019 г.

Руководитель работы

к.т.н., доцент

_____ Уланов А.Г.
«__» _____ 2019 г.

д.т.н., профессор

_____ Аверьянов Ю.И.
«__» _____ 2019 г.

Автор проекта

студент группы ПЗ-603:

_____ Микрюков Д.А.
«__» _____ 2019 г.

«__» _____ 2019 г.

Нормоконтролер

к.т.н., доцент

_____ Дуюн В.И.
«__» _____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Микрюков Д.А. Улучшение эксплуатационных характеристик автомобиля КАМАЗ-4326 путем модернизации штатной раздаточной коробки – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-603,112 с.,25 ил., библиогр. список – 35 наименования.

Задачей выпускной квалификационной работы является модернизация раздаточной коробки.

В выпускной квалификационной работе разработано устройство для включения и выключения переднего моста, а также межосевой дифференциал с блокировкой. автомобиля КАМАЗ-4326.

Рассчитаны и построены динамические, тяговые и топливно-экономические характеристики. Также проведен расчет зубчатых колес, валов, подшипников шлицевых соединений.

В экономическом разделе выпускной квалификационной работе выполнен расчет экономического эффекта от установки модернизированной конструкции.

Рассмотрены вопросы безопасности труда рабочих.

					<i>23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Микрюков Д. А.</i>			<i>Пояснительная записка</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		<i>Уланов А. Г.</i>					<i>3</i>	<i>112</i>
<i>Н. контр.</i>		<i>Дуюн В.И.</i>				<i>ЮУрГУ Кафедра КГМ</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Бондарь В.Н.</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	7
1.1 Обзор и анализ исходных данных и существующих решений	7
1.2 Обоснование и выбор принципиальных решений	11
1.3 Описание принципа работы проектируемой раздаточной коробки	12
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	14
2.1 Расчет эксплуатационных свойств автомобиля	15
2.2 Расчет максимальной мощности двигателя	15
2.3 Построение внешней скоростной характеристики двигателя.....	17
2.4 Построение тягово-динамической характеристики.....	20
2.5 Расчет и построение экономической характеристики автомобиля.....	22
2.6 Расчет зубчатых колес	24
2.7 Расчет валов	37
2.8 Расчет подшипников	42
2.9 Расчет шлицевых соединений.....	44
2.10 Расчет межосевого дифференциала.....	49
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗДЕЛ	53
3.1 Служебное назначение детали	53
3.2 Анализ материала детали	53
3.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению	53
3.4 Выбор и проектирование заготовки	54
3.5 Выбор технологических баз. План обработки	55
3.6 Обоснование выбора оборудования	56
3.7 Обоснование выбора режущего инструмента.....	57
3.8 Расчет промежуточных припусков табличным методом	58
3.9 Расчет и выбор режимов резания.....	58
3.10 Определение норм времени на операции	60
4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	64
4.1 Расчет суммы капитальных вложений	64
4.2 Расчет текущих затрат и прогнозирования цены.....	65
4.3 Расчет экономической эффективности.....	69
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	71
5.1 Безопасность труда.....	71
5.1.1 Характеристика рабочего места	71
5.1.2 Микроклимат.....	74
5.1.3 Запыленность	74
5.1.4 Производственное освещение	76
5.1.5 Электромагнитные поля и излучения	81
5.1.6 Шум	82
5.1.7 Электробезопасность	84
5.1.8 Правила безопасности при работе с компьютером.....	84
5.1.9 Эргономичность рабочего места.....	86

5.1.10	Напряженность трудового процесса.....	87
5.1.11	Загазованность воздуха	88
5.2	Чрезвычайные ситуации.....	88
5.2.1	Общие сведения по ЧС	88
5.2.2	Пожарная безопасность	89
5.2.3	Защита персонала при сейсмической активности.....	90
5.2.4	Защита персонала при грозе.....	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		91
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....		92
Приложение А – Спецификации к чертежам.....		94
Приложение Б – Комплект технологической документации.....		103

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время расширяется сеть автомобильных грузовых и пассажирских транспортных перевозок, осуществляемых как в рамках единой транспортной системы страны, так и в пределах региональных, ведомственных и производственных транспортных структур. Наиболее рациональным решением проблемы повышения эффективности автомобильного транспорта является совершенствование конструкций автомобильного транспорта и созданием специализированного подвижного состава. Как в первом, так и во втором случае стремятся обеспечить максимальное соответствие конструкций автомобилей условиям эксплуатации и требованиям, вытекающим из их конкретного назначения.

В нашей стране необходимы полноприводные грузовики, для доставки грузов по дорогам всех категорий, в труднодоступные районы. Для повышения проходимости в автомобилях после коробки передач дополнительно устанавливаются раздаточные коробки передач. Раздаточная коробка передает крутящий момент к переднему и заднему ведущим мостам. Задачей дипломного проекта является модернизация раздаточной коробки. В выпускной квалификационной работе разработано устройство для включения и выключения переднего моста, а также межосевой дифференциал с блокировкой. Если автомобиль работает без нагрузок и передвигается в основном по дорогам с асфальтобетонным покрытием, то передний мост держать постоянно подключенным нет необходимости, т.к. при этом повышается расход топлива и увеличивается износ агрегатов трансмиссии. В раздаточной коробке имеется дополнительная понижающая передача, позволяющая значительно увеличить крутящий момент на колесах автомобиля. Это необходимо при движении автомобиля в трудных дорожных условиях.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР					6

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Обзор и анализ исходных данных и существующих решений

Передача крутящего момента от двигателя к нескольким ведущим мостам автомобиля осуществляется через раздаточную коробку, которая в большинстве случаев также увеличивает число передач в трансмиссии. Раздаточные коробки предназначены для выполнения следующих функций [2]:

- распределять крутящий момент между ведущими мостами таким образом, чтобы обеспечивалась наилучшая проходимость автомобиля без возникновения негативного явления – «циркуляции мощности» в трансмиссии;
- увеличивать крутящий момент на ведущих колесах в пределах, необходимых для преодоления сопротивления качению колес при движении по плохим дорогам и бездорожью, а также на крутых подъемах;
- обеспечивать устойчивое движение автомобиля с малой скоростью при работе двигателя в режиме максимального крутящего момента.

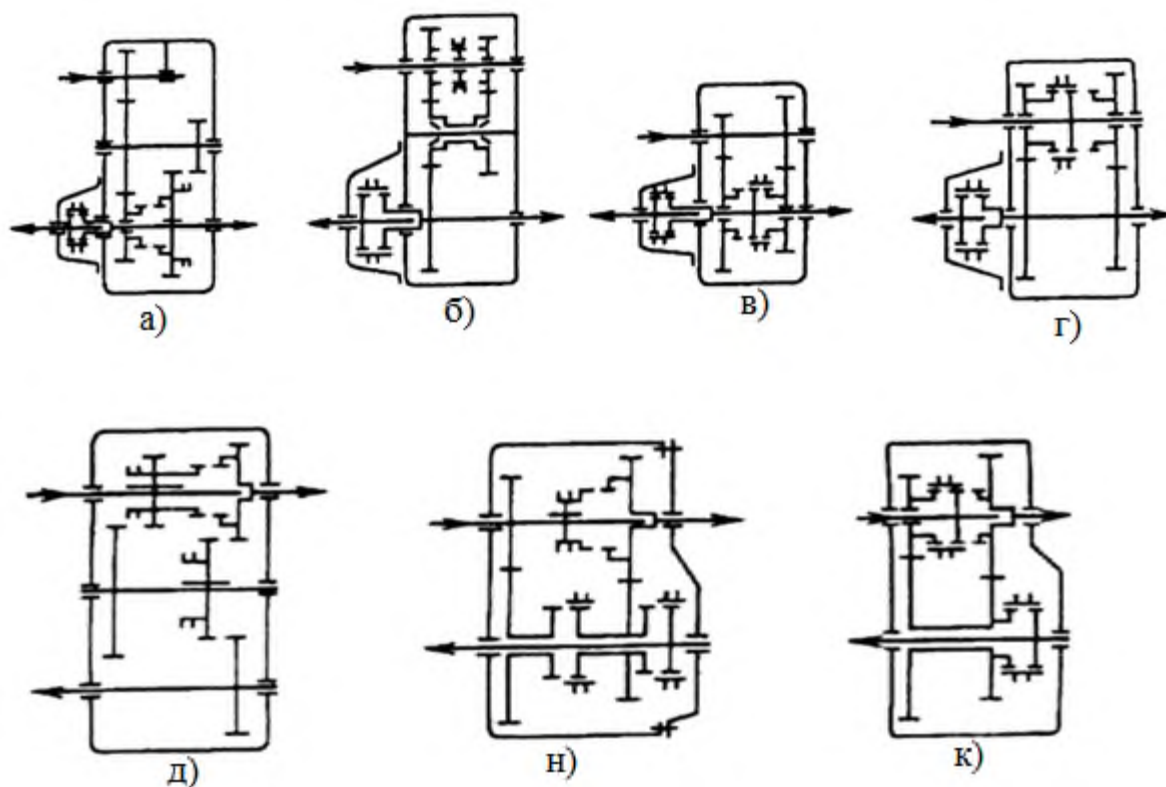


Рисунок 1 – Схемы двухступенчатых раздаточных коробок с заблокированным приводом и соосным(сверху) и несоосными(снизу) ведомыми валами.

Раздаточные коробки выполняют по схемам: с заблокированным, дифференциальным или со смешанным приводом.

Особенностью коробки с заблокированным (рисунок 1) приводом является то, что она обеспечивает синхронное вращение колес разных мостов, а крутящие моменты распределяются пропорционально силам сопротивления качению. Так, если

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

задний мост имеет весовую нагрузку 60% от общей массы автомобиля с колесной формулой 4×4, на передний приходится 40%, то силы сопротивления качению колес заднего и переднего мостов будут относиться друг к другу как 60:40.

В таком же соотношении на ровном шоссе будут находиться и моменты, приложенные к валам. На практике при движении автомобиля по неровной дороге и не прямолинейности движения колеса разных осей проходят разное расстояние, и синхронность их вращения провоцирует возникновение «циркуляции мощности» в трансмиссии, при которой дополнительно нагружаются зубчатые передачи, подшипники, валы, что в итоге приводит к их повышенному износу при параллельном увеличении потребления топлива. Шины, частично снижающие остроту негативных явлений при «циркуляции мощности», подвергаются повышенному нагреву и износу.

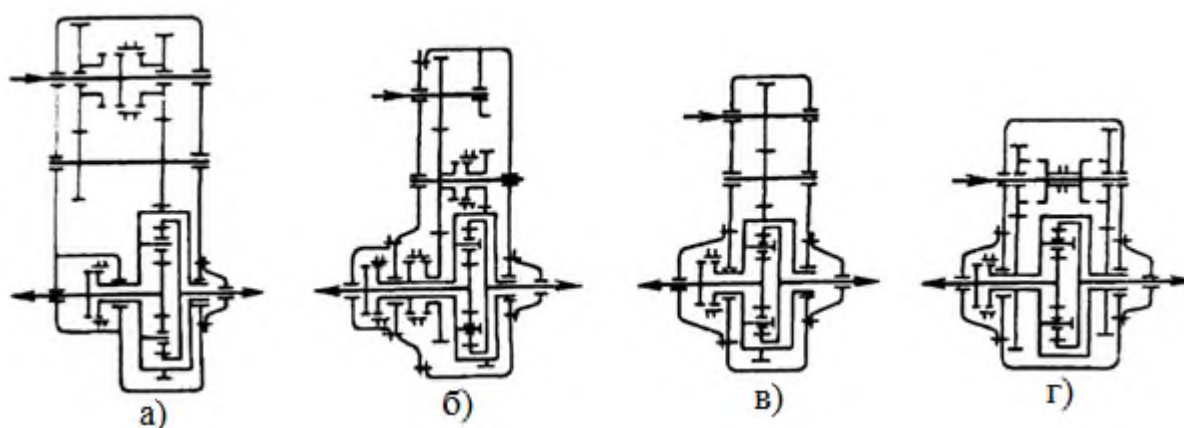


Рисунок 2 – Схемы раздаточных коробок с дифференциальным приводом

У раздаточных коробок с дифференциальным приводом (рисунок 2) крутящий момент передается от ведущего вала ведомым через дифференциал. Поэтому ведомые валы такой раздаточной коробки могут вращаться с неодинаковыми угловыми скоростями. Распределение моментов между ведущими осями автомобиля определяются конструкцией дифференциала и местом его положения в кинематической схеме.

Дифференциал, размещенный в раздаточной коробке, называют межосевым в отличие от межколесного, установленного в ведущем мосту. При повороте автомобиля с раздаточной коробкой, оснащенной дифференциалом, колеса управляемого моста вращаются быстрее колес неуправляемых мостов, поскольку проходят больший путь. Разность в скоростях компенсирует межосевой дифференциал. Следует заметить, что соотношение между крутящими моментами на валах дифференциала остается постоянным и равным внутреннему передаточному числу дифференциала. Поскольку силовой поток через дифференциал передаваться не может, «циркуляция мощности» полностью исключена.

В раздаточных коробках со смешанным приводом одни ведомые валы связаны между собой так, что имеют одинаковую угловую скорость, а другие соединены через дифференциал.

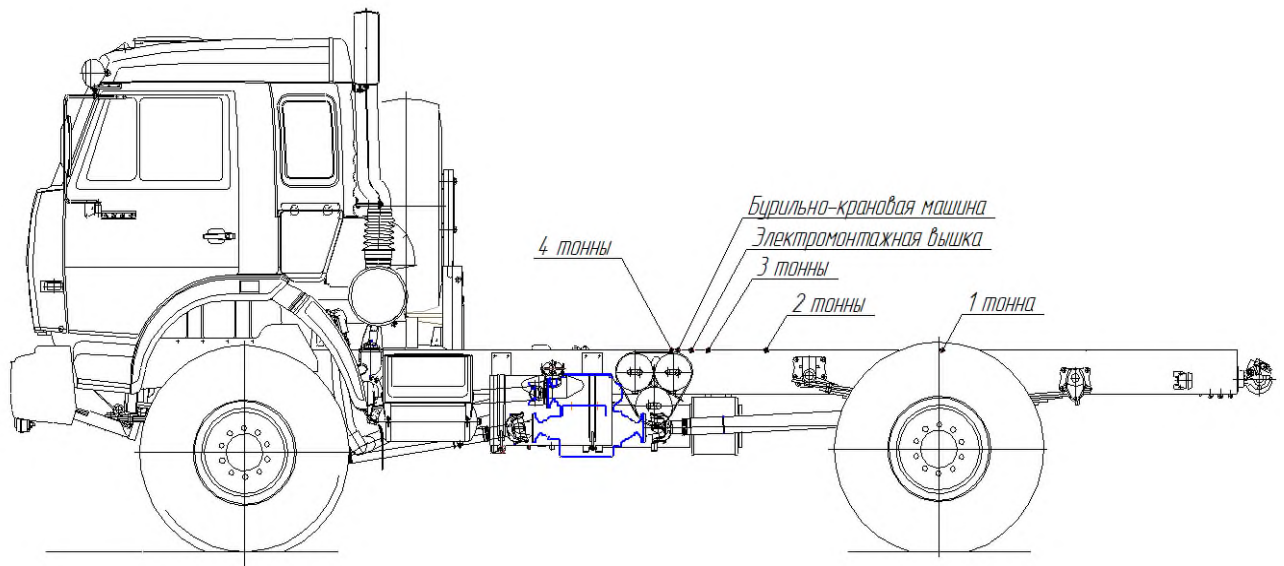


Рисунок 4 – Центры тяжести различных грузов

1.3 Описание принципа работы проектируемой раздаточной коробки

Кинематическая схема проектируемой раздаточной коробки представлена на рисунке 5.

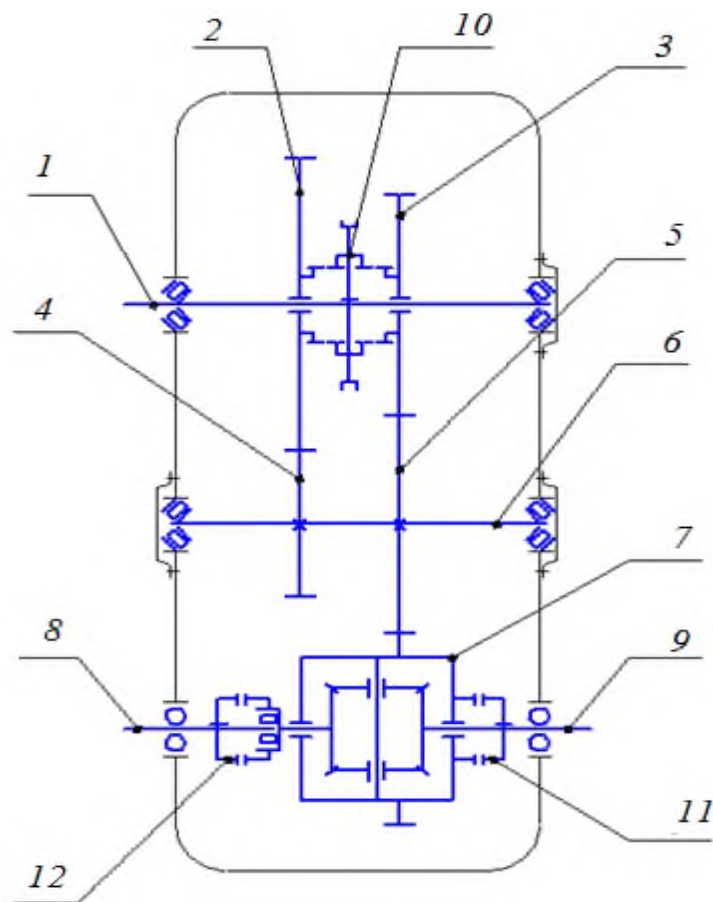


Рисунок 5 – Кинематическая схема

От коробки передач крутящий момент через карданный вал передается на входной вал 1 раздаточной коробки. Далее через зубчатое зацепление колес 2, 4 или 3, 5 момент передается на промежуточный вал 6. Зубчатое колесо 5 вращает корпус дифференциала 7 и затем момент распределяется между выходными валами 8 и 9.

При движении в условиях бездорожья муфта 10 передвигается в правое положение, таким образом включается пониженная передача. Момент идет через вал 1, зубчатые зацепления 3, 5 и 5, 7 на валы 8 и 9. При необходимости можно включить муфту блокировки дифференциала 11 и тогда карданные валы переднего и заднего мостов будут вращаться как единое целое.

При движении в благоприятных условиях (асфальтобетонное или гравийное покрытие) в пониженной передаче нет необходимости и поэтому муфту 10 передвигают в левое положение и таким образом включают повышенную передачу. Момент идет через вал 1, зубчатые зацепления 2, 4 и 5, 7 на валы 8 и 9. Для снижения расхода топлива с помощью муфты 12 можно отключить передний привод. Момент будет передаваться только на вал 9. При этом автоматически должна включаться муфта блокировки дифференциала 11 (если она была выключена).

Муфта 10 переключается с помощью рычага, расположенного в кабине автомобиля, и системы тяг идущих к раздаточной коробке. Муфты 11 и 12 переключаются пневматически. На панели приборов устанавливаются кнопки с индикаторами, при нажатии которых срабатывает электромагнитный клапан на пневмомагистрали. Сжатый воздух поступает к механизму переключения, включая муфту, при этом на панели приборов загорается лампа, сигнализирующая о том что муфта включена. Отключаются муфты также, нажатием кнопки. Давление в пневмотрубке, идущей к муфте, становится равным атмосферному, и пружина возвращает муфту в исходное положение. Муфты необходимо переключать на неподвижном автомобиле.

Вывод по разделу один

В данном разделе произведен анализ существующих решений. Изучив преимущества и недостатки различных раздаточных коробок, в качестве прототипа был выбран автомобиль КАМАЗ-4326. Вместо цилиндрического дифференциала в раздаточной коробке предлагается установить конический симметричный дифференциал с блокировкой, а также дополнительно установить муфту отключения переднего привода. Приведена кинематическая схема проектируемой раздаточной коробки.

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР					

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Техническая характеристика автомобиля КАМАЗ-4326

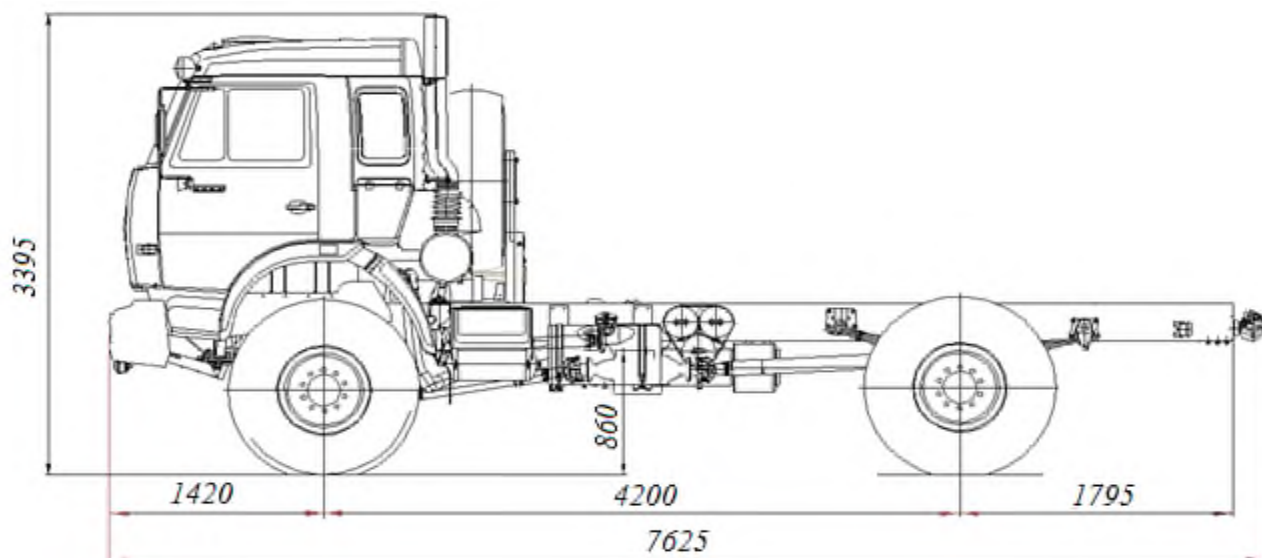


Рисунок 6 – Внешний вид автомобиля КАМАЗ-4326

Техническая характеристика автомобиля:

Грузоподъёмность.....4000 кг;
Максимальная нагрузка: на переднюю ось.....5300 кг;
– на заднюю ось.....7400 кг;

Габаритные размеры:

– длина.....7625 мм;
– ширина.....2900 мм;
– высота.....3200 мм;
– база автомобиля4200 мм;
– колея передних колёс2050 мм;
– колея задних колёс.....2050 мм;

Двигатель:

– тип.....4-х тактный, дизельный;
– расположение и число цилиндров.....V-образное, 8;
– диаметр цилиндра/ход поршня.....120/120 мм;
– рабочий объём цилиндров.....10,85 л;
– номинальная мощность.....165 кВт;
– максимальный крутящий момент (при 1100–1500 мин⁻¹).....760 Нм;

Передаточные числа в КПП:

1 передача.....7,82;
2 передача.....4,03;
3 передача.....2,5;
4 передача.....1,53;
5 передача.....1;
3.X.....7,38;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР

Лист

14

Передаточное число главной передачи.....6,53;

Передаточные числа раздаточной коробки:

– пониженная передача1,9;

– повышенная передача0,93.

Сцепление: сухое, однодисковое, с центральной нажимной пружиной диафрагменного типа. Привод выключения сцепления: пневмогидравлический.

Коробка передач: механическая, пятиступенчатая, с синхронизаторами инерционного типа.

Раздаточная коробка: механическая, двухступенчатая, для включения переднего моста и блокировки дифференциала используются электропневматические клапаны.

Карданная передача: открытого типа, состоит из трёх валов: основного между коробкой передач и раздаточной коробкой, привода заднего моста между раздаточной коробкой и главной передачей заднего моста, привода переднего моста между раздаточной коробкой и главной передачей переднего моста. Карданные шарниры на игольчатых подшипниках.

Тип мостов: задний – ведущий, передний мост – управляемый и ведущий;

Главные передачи: одноступенчатые, состоящие из пары конических шестерён со спиральными зубьями.

Дифференциал мостов: конический, симметричный.

2.2 Расчет максимальной мощности двигателя

Потребная мощность рассчитывается по формуле:

$$N_{\max} = \frac{P_k V_{\max} \times 10^{-3}}{\eta_{\text{тр}}}, \text{ кВт}, \quad (1.1)$$

где P_k – касательная сила тяги на движителе, необходимая для преодоления суммарной силы сопротивления движению, Н;

V_{\max} – максимальная скорость движения, м/с;

$\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии.

Касательная сила тяги определяется по выражению:

$$P_k = (G + Q)(f \cos \alpha + \sin \alpha) + k F V^2, \text{ Н}, \quad (1.2)$$

где G – собственный вес автомобиля;

Q – вес пассажиров и груза;

f – коэффициент сопротивления качению автомобиля;

$\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии, с отключенным передним мостом $\eta_{\text{тр}} = 0,84$, на полном приводе: $\eta_{\text{тр}} = 0,8$;

α – уклон дороги, °;

k – коэффициент обтекаемости, $k = 0,61$;

F – лобовая площадь автомобиля, $F = 5,5 \text{ м}^2$.

Сила сцепления колеса с грунтом определяется по выражению:

$$P_j = G_{\text{сц}} j, \text{ Н}, \quad (1.3)$$

где $G_{\text{сц}}$ – сцепной вес автомобиля;

φ – коэффициент сцепления движителя с грунтом.

Необходимо соблюдение условия $P_k < P_\varphi$ ведется для следующих скоростей движения: минимальная скорость с максимальной нагрузкой при худших дорожных условиях:

$$V = 5 \text{ км/ч} = 1,4 \text{ м/с}; f = 0,2; \varphi = 0,3 \alpha = 0^\circ;$$

рабочая скорость с грузом при хороших дорожных условиях:

$$V_{\text{max}} = 50 \text{ км/ч} = 13,9 \text{ м/с}; f = 0,02; \varphi = 0,7; \alpha = 3^\circ;$$

максимальная скорость с грузом при хороших дорожных условиях:

$$V_{\text{max}} = 90 \text{ км/ч} = 25 \text{ м/с}; f = 0,015; \varphi = 0,7; \alpha = 0.$$

При минимальной скорости с максимальной нагрузкой при худших дорожных условиях:

$$P_k = 127 \times 10^3 \times 0,2 + 0,61 \times 5,5 \times 1,4^2 = 25406,6 \text{ Н};$$

$$N_{\text{max}} = \frac{25406,6 \times 1,4 \times 10^{-3}}{0,80} = 44,5 \text{ кВт};$$

$$P_j = G_{\text{сц}} j = 127 \times 10^3 \times 0,3 = 38100 \text{ Н}.$$

При рабочей скорости с грузом при хороших дорожных условиях:

$$P_k = 127 \times 10^3 (0,02 \times \cos 3^\circ + \sin 3^\circ) + 0,61 \times 5,5 \times 13,9^2 = 9828,0 \text{ Н};$$

$$N_{\text{max}} = \frac{9828,0 \times 13,9}{0,80} = 170,8 \text{ кВт};$$

$$P_j = 127 \times 10^3 \times 0,7 = 88900 \text{ Н}.$$

При максимальной скорости с грузом при хороших дорожных условиях:

					23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

$$P_k = 127 \times 10^3 \times 0,015 + 0,61 \times 5,5 \times 25^2 = 4001,9 \text{ Н};$$

$$N_{\max} = \frac{4001,9 \times 25 \times 10^{-3}}{0,80} = 125,1 \text{ кВт};$$

$$P_j = G_{\text{ц.л}} = 127 \times 10^3 \times 0,7 = 88900 \text{ Н}.$$

По рассчитанному максимальному значению мощности выбран двигатель КамАЗ-740.31–240.

Техническая характеристика:

двигатель.....дизельный, V-образный, 8-цилиндровый;
 максимальная мощность.....165 кВт (225 л.с.);
 максимальный крутящий момент760 Нм при 1100 – 1500 мин⁻¹;
 рабочий объём цилиндров10,5 л.

2.3 Построение внешней скоростной характеристики двигателя

Скоростная характеристика поршневого двигателя внутреннего сгорания отображает взаимосвязь таких его важнейших выходных параметров как частота вращения n_m коленчатого вала двигателя, мощность N_{\max} , крутящий момент M_m , удельный расход топлива g_e и часовой расход топлива G_T .

Данный двигатель серийно устанавливался на автомобили КамАЗ-4326 заводом изготовителем. Для построения внешней скоростной характеристики воспользуемся следующими формулами:

Мощность двигателя, кВт:

$$N_{\max} = N_{\max} \left(a \frac{n_m}{n_N} + b \left(\frac{n_m}{n_N} \right)^2 - c \left(\frac{n_m}{n_N} \right)^3 \right), \quad (1.4)$$

где N_{\max} – номинальная мощность двигателя;

n_m – текущее значение числа оборотов коленчатого вала двигателя;

n_N – максимальное значение числа оборотов коленчатого вала двигателя;

$$a=0,5; b=1,5; c=0.$$

Крутящий момент двигателя, Нм:

$$M_m = 9546 \frac{N_{\max}}{n_m}, \quad (1.5)$$

где N_{\max} – номинальная мощность двигателя;

n_m – текущее значение числа оборотов коленчатого вала двигателя.

										Лист
										17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР					

Удельный расход топлива, г/кВтч:

$$g_e = g_{e\max} \frac{A_0}{C_e} - B_0 \frac{n_m}{n_N} + C_0 \frac{n_m^2}{n_N^2} \quad (1.6)$$

где $A_0 = 1,55$;

$B_0 = 1,55$;

$C_0 = 1$;

$g_{e\max}$ – средний удельный расход топлива, $g_{e\max} = 175$ г / кВтч.

Часовой расход топлива, кг/ч:

$$G_T = \frac{(g_e N_{\max})}{1000}, \quad (1.7)$$

где g_e – средний удельный расход топлива, г/кВтч;

N_{\max} – номинальная мощность двигателя, кВт .

Подставляя значения оборотов двигателя в приведенные выше формулы, получим данные для построения внешней скоростной характеристики и занесем их в таблицу 1, на рисунке 7 показана внешняя скоростная характеристика.

Таблица 1– Значения показателей ВСХ

n_m , мин ⁻¹	N_{\max} , кВт	M_m , Нм	g_e , г/кВтч	G_T , кг/ч
150	6,72	427,87	253,57	1,70
300	15,43	491,11	237,52	3,67
450	25,82	547,69	223,09	5,76
600	37,56	597,61	210,29	7,90
750	50,35	640,88	199,12	10,03
900	63,87	677,49	189,57	12,11
1050	77,81	707,44	181,65	14,14
1200	91,86	730,74	175,36	16,11
1350	105,70	747,38	170,70	18,04
1500	119,01	757,37	167,66	19,95
1650	131,48	760,70	166,25	21,86
1800	142,81	757,37	166,47	23,77
1950	152,67	747,38	168,31	25,70
2100	160,75	730,74	171,78	27,61
2250	166,75	707,44	176,88	29,49
2400	170,33	677,49	183,61	31,27

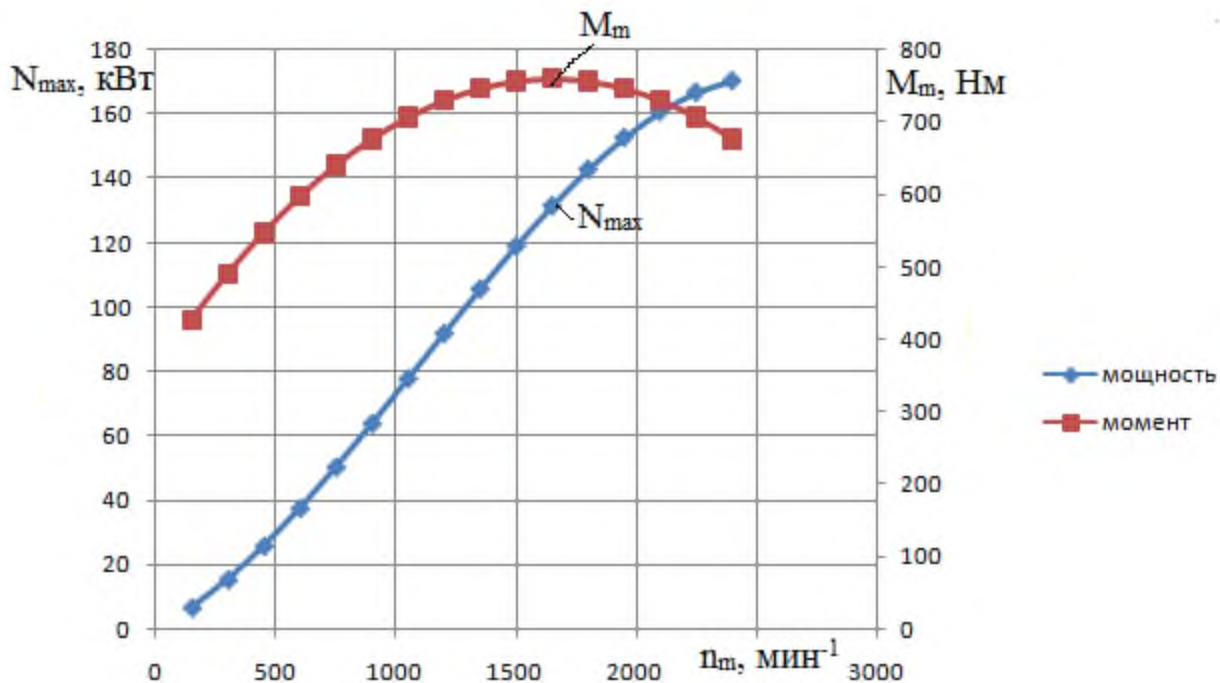


Рисунок 7 – Внешняя скоростная характеристика

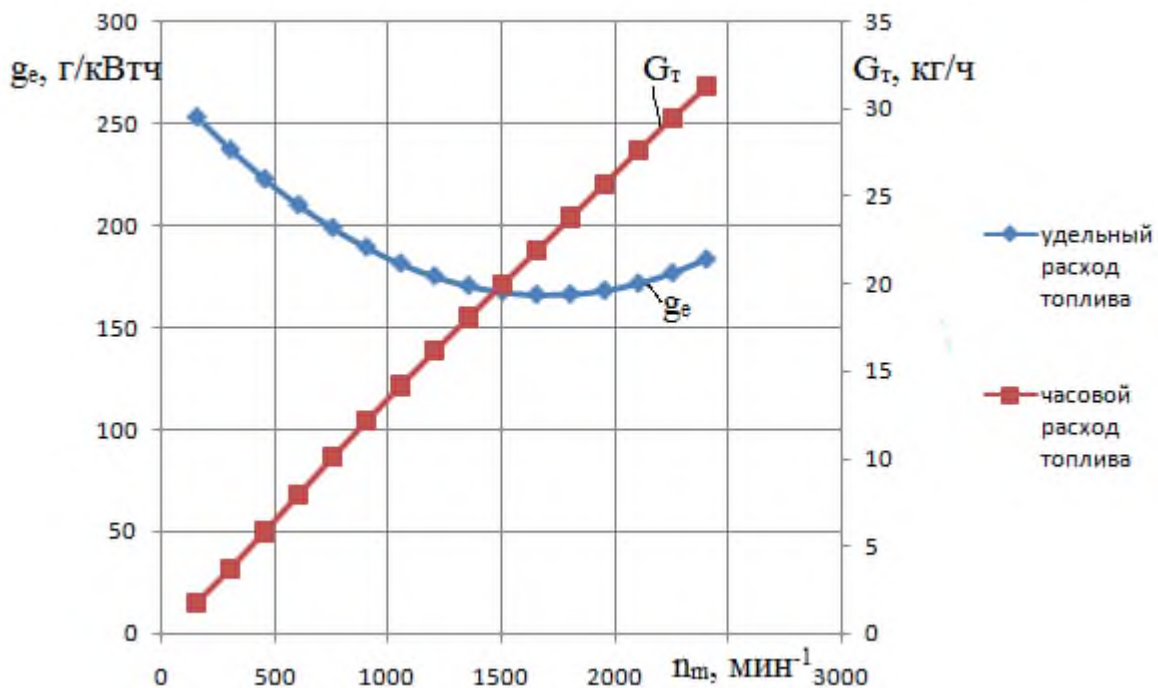


Рисунок 8 – Внешняя топливная характеристика

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

2.4 Построение тягово-динамической характеристики

$$i_{тр} = i_{кп} i_{рк} i_{гп} \quad (1.8)$$

где $i_{кп}$ – передаточное число КПП;

$i_{рк}$ – передаточное число раздаточной коробки;

$i_{гп}$ – передаточное число главной передачи.

Передаточные числа трансмиссии на высшей передаче:

$$i_{тр1} = 7,82 \times 0,93 \times 6,53 = 47,49;$$

$$i_{тр2} = 4,03 \times 0,93 \times 6,53 = 24,47;$$

$$i_{тр3} = 2,5 \times 0,93 \times 6,53 = 15,18;$$

$$i_{тр4} = 1,53 \times 0,93 \times 6,53 = 9,29;$$

$$i_{тр5} = 1 \times 0,93 \times 6,53 = 6,07.$$

Значение свободной силы тяги P_a АТС на всех передачах:

$$P_a = P_k - P_w, \quad (1.9)$$

где P_k – касательная сила тяги;

P_w – сила сопротивления воздушной среды.

Сила тяги на колесе:

$$P_k = \frac{M_m \eta_{тр} i_{тр}}{r_d}, \quad (1.10)$$

где M_m – крутящий момент;

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии;

$i_{тр}$ – передаточное число трансмиссии;

r_d – радиус качения колеса, м.

$$P_w = k F V; \quad (1.11)$$

где k – коэффициент обтекания, $k = 0,61$;

F – лобовая площадь автомобиля, $F = 5,5 \text{ м}^2$;

V – скорость движения автомобиля, м/с.

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР

Скорость движения автомобиля на всех передачах:

$$V = 0,104 \frac{r_d n_m}{i_{тр}}, \quad (1.12)$$

где r_d – радиус качения колеса, м;

n_m – текущее значение числа оборотов коленчатого вала двигателя, мин^{-1} ;

$i_{тр}$ – передаточное число трансмиссии.

Пример расчёта при $n_m = 600 \text{ мин}^{-1}$ на первой передаче и с отключенным передним мостом:

$$P_k = \frac{597,61 \times 0,834 \times 47,49}{0,599} = 39514,89 \text{ Н};$$

$$V = 0,104 \frac{0,599 \times 600}{47,49} = 0,79 \text{ м/с};$$

$$P_w = 0,61 \times 5,5 \times 0,79^2 = 2,09 \text{ Н};$$

$$P_a = 39514,89 - 2,09 = 39512,81 \text{ Н}.$$

Произведя расчет получили тягово-динамическая характеристики автомобиля представленные на рисунке 9, 10.

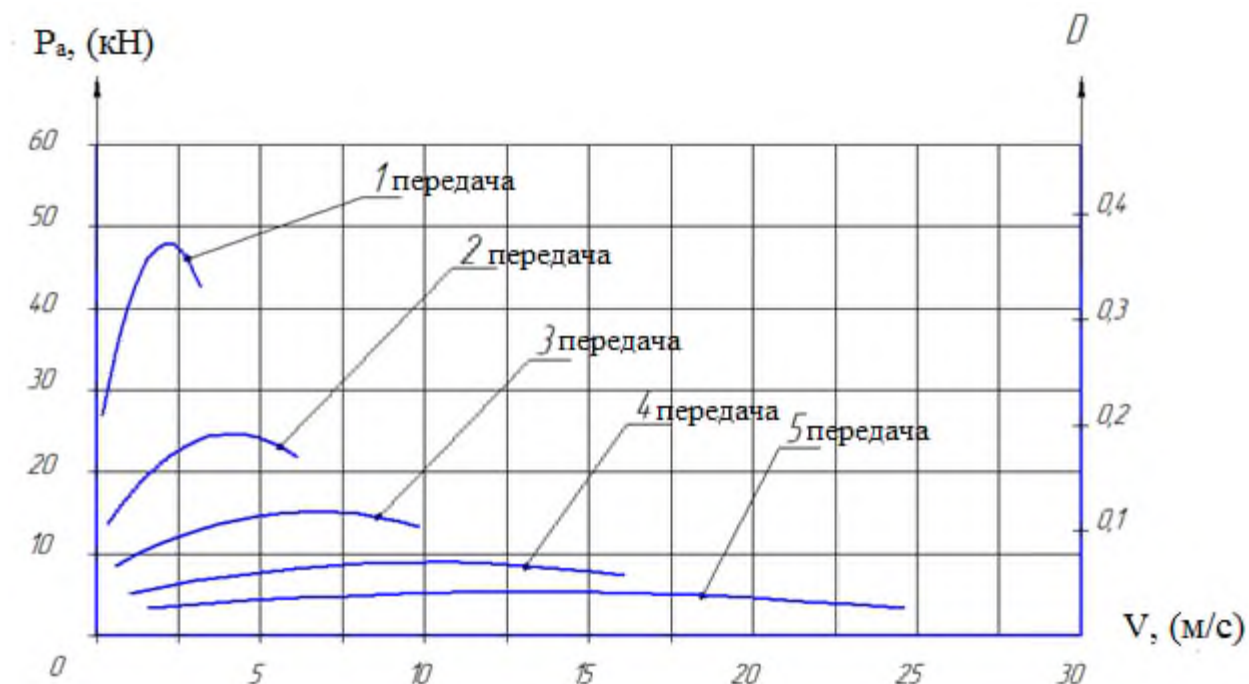


Рисунок 9 – Тягово-динамическая характеристика 4x4

Таблица 2 – Данные топливной характеристики(4×2)

n_m , мин ⁻¹	g_e , г/кВтч	Q_1 , л/100км	Q_2 , л/100км	Q_s , л/100км
150	253,57	21,73	39,06	35,79
300	237,52	19,67	35,26	38,48
450	223,09	18,18	31,99	40,30
600	210,29	17,58	27,88	41,45
750	199,12	16,77	24,53	42,09
900	189,57	16,00	23,17	42,36
1050	181,65	15,34	22,54	42,39
1200	175,36	15,11	21,93	42,27
1350	170,70	14,82	21,79	42,08
1500	167,66	15,06	23,53	41,88
1650	166,25	15,86	25,89	41,71
1800	166,47	16,90	27,22	41,59
1950	168,31	19,43	28,94	41,49
2100	171,78	23,77	31,43	41,41
2250	176,88	26,70	34,45	41,27
2400	183,61	31,05	39,58	41,03

Таблица 3 – Данные для построения топливной характеристики(4×4)

n_m , мин ⁻¹	g_e , г/(кВтч)	Q_1 , л/100км	Q_2 , л/100км	Q_s , л/100км
150	253,57	24,16	40,72	35,79
300	237,52	20,51	36,76	38,48
450	223,09	19,20	33,35	40,30
600	210,29	18,10	30,42	41,45
750	199,12	17,48	27,17	42,09
900	189,57	16,68	24,76	42,36
1050	181,65	16,41	23,50	42,39
1200	175,36	15,95	23,43	42,27
1350	170,70	15,86	24,14	42,08
1500	167,66	15,70	25,97	41,88
1650	166,25	16,53	26,99	41,71
1800	166,47	18,09	28,38	41,59
1950	168,31	20,25	30,17	41,49
2100	171,78	25,06	32,76	41,41
2250	176,88	27,83	35,92	41,27
2400	183,61	32,37	41,26	41,03

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР

Лист

23

2.6 Расчет зубчатых колес

Раздаточная коробка предназначена для передачи крутящего момента к переднему и заднему мостам и имеет две передачи: повышающую с передаточным числом 0,93 и понижающую с передаточным числом 1,9.

Понижающая передача позволяет значительно увеличить тяговое усилие на колесах при тяжелых условиях работы автомобиля (бездорожье, глубокий снег, подъемы).

Устройство раздаточной коробки показано в графической части данного проекта.

В раздаточной коробке автомобиля КАМАЗ-4326 все шестерни постоянного зацепления, цилиндрические, косозубые.

Расчет цилиндрической зубчатой передачи включает в себя определение основных параметров передачи и проверочный расчет деталей раздаточной коробки.

Проверочный расчет цилиндрических зубчатых передач закрытого типа, применяемых на автомобилях, выполняют на выносливость по контактным напряжениям (во избежание усталостного выкрашивания рабочих поверхностей зубьев) и по напряжениям изгиба (для предотвращения усталостного разрушения зубьев)[5].

Определение параметров для расчета [7]

Коэффициенты пробег γ_i приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Относительные пробеги γ_i на передачах:

	1	2	3	4	5
γ_i	0,5	1,5	7	20	71

Расчетная удельная сила на данной передаче:

$$g_{Pi} = \frac{P_k}{G}, \quad (1.15)$$

где P_k – касательная сила тяги, Н;

G – собственный вес автомобиля.

$$P_k = M_m i_{кп} i_{рк} \eta_{тр} / r_d, \quad (1.16)$$

где M_m – Крутящий момент двигателя, Нм;

$i_{кп}$ – передаточное число КПП;

$i_{рк}$ – передаточное число раздаточной коробки;

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии;

r_d – радиус качения колеса, м.

Для примера сделаем расчет на 1 передаче в коробке передач:

$$P_k = 760,7 \times 7,82 \times 1,9 \times 6,53 \times 0,834 / 0,599 = 1027601 \text{ Н}$$

Получили $P_k > P_\phi$, при таком значении колесо будет буксовать, поэтому принимаем, $P_k = P_\phi = 63500$ Н.

Свободная сила тяги на 1 передаче:

$$g_{P1} = \frac{63500}{127000} = 0,5$$

Среднее значение удельных окружных сил:

$$g_{CPi} = 1,86 (g_{y CPi} + g_{в CPi}), \quad (1.17)$$

где 1,86 – коэффициент, учитывающий сопротивление разгону;

$\gamma_{\psi CPi}$ – удельное сопротивление дороги (сопротивление качению), $\gamma_{\psi CPi} = 0,03$;

$\gamma_{в CPi}$ – удельное сопротивление воздуха.

$$g_{в CPi} = \frac{0,03V_{cp}^2}{G}, \quad (\text{при } V > 40 \text{ км/ч}), \quad (1.18)$$

где V_{cp} – средняя скорость автомобиля;

G – собственный вес автомобиля.

Расчетные данные приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет коэффициентов пробег

№ пер.	1	2	3	4	5
γ_p	0,5	0,415	0,254	0,152	0,096
$\gamma_{\psi cp}$	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
$\gamma_{в cp}$	0	0	0	0,00025	0,000585
γ_{cp}	0,171	0,146	0,097	0,067	0,050
γ_p/γ_{cp}	2,92	2,85	2,61	2,27	1,91

Расчет зубчатых колес.

Напряжения изгиба:

$$s_F = \frac{F_t}{b_w m} Y_F Y_e K_{Fa} K_{Fb} K_{FV} K_{Fm} K_{FX}, \quad (1.19)$$

где F_t – окружная сила;

b_w – длина зуба зубчатого колеса;

Y_F – единичное напряжение изгиба;

Y_ϵ – коэффициент, зависящий от суммарной длины контактных линий и величины перекрытия;

$K_{F\alpha}$ – коэффициент, учитывающий распределение напряжений между зубьями;

$K_{F\beta}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по ширине венца;

K_{FV} – коэффициент, учитывающий динамические нагрузки в зацеплении;

$K_{F\mu}$ – коэффициент, учитывающий свойства смазки;

K_{FX} – коэффициент, учитывающий габариты зубчатого колеса.

$$F_t = 2 \times 10^3 \frac{M_p}{d_w}, \quad (1.20)$$

где M_p – расчетный момент;

d_w – диаметр зубчатого колеса.

Расчет зубчатого зацепления шестерни промежуточного вала с венцом корпуса дифференциала на пониженной передаче.

Далее индекс «1» означает шестерню, а индекс «2» – колесо.

$$F_{t1} = F_{t2} = 2 \times 10^3 \frac{11302}{211} = 107128 \text{ Н.}$$

Единичное напряжение изгиба:

$$Y_F = Y_F^0 K_U K_a K_r K_t \quad (1.21)$$

где Y_F^0 – коэффициент напряжения зуба;

K_U – коэффициент учитывает параметры сопряжения;

K_a – коэффициент зависит от угла профиля исходного контура;

K_r – коэффициент учитывает радиус переходной кривой;

K_t – учитывает перераспределение ширины зубьев шестерни и колеса, для цилиндрических передач $K_t = 1$.

Эквивалентное число зубьев:

$$Z_v = \frac{Z}{\cos^3 \beta}, \quad (1.22)$$

где Z – число зубьев зубчатого колеса;

β – угол наклона зубьев зубчатого колеса.

$$Z_{V1} = \frac{34}{\cos^3 18^0} = 39; \quad Z_{V2} = \frac{42}{\cos^3 18^0} = 49;$$

$$Y_{F1}^0 = 2,70; \quad Y_{F2}^0 = 2,78.$$

Коэффициент учитывает параметры сопряжения:

$$K_U = 1 + 0,125 \left(\frac{Z_{V1}}{Z_{V2}} + \Sigma x - 1 \right), \quad (1.23)$$

где Z_V – число зубьев условного парного колеса передачи, для которой рассчитаны точки на графике;

x_1, x_2 , – коэффициенты смещения исходного контура; $x_1 = x_2 = 0$, поскольку исходный контур выбран по ГОСТ 13755 – 81.

$$K_{U1} = 1 + 0,125 \left(\frac{14}{49} - 1 \right) = 0,911$$

$$K_{U2} = 1 + 0,125 \left(\frac{14}{39} - 1 \right) = 0,920$$

$$Z_{V1,2} = 14 + 20x_{1,2};$$

$$K_\alpha = K_\rho = 1.$$

$$Y_{F1} = 2,7 \cdot 0,92 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,48, \quad Y_{F2} = 2,78 \cdot 0,911 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,53.$$

Определяем диаметры основных окружностей (для дальнейшего расчета σ_F).

$$d_b = d \times \cos \arctg \frac{\alpha \operatorname{tg} \alpha}{\beta \cos \beta} \quad (1.24)$$

где d – диаметр делительной окружности зубчатого колеса;

α – угол зацепления зубчатого колеса;

β – угол наклона зубьев зубчатого колеса.

$$d_{b1} = 170 \times \cos \arctg \frac{\alpha \operatorname{tg} 20^0}{\beta \cos 18^0} = 160,65 \text{ мм.}$$

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР					

$$d_{b2} = 210 \times \cos \arctg \frac{\operatorname{tg} 20^{\circ}}{\cos 18^{\circ}} = 198,45 \text{ мм.}$$

Определяем диаметры окружности вершин:

$$d_a = d + 2hm, \quad (1.25)$$

где d – диаметр делительной окружности зубчатого колеса;
 h – высота зуба зубчатого колеса;
 m – модуль.

$$d_{a1} = 170 + 2 \times 1 \times 5 = 180 \text{ мм;}$$

$$d_{a2} = 210 + 2 \times 1 \times 5 = 220 \text{ мм.}$$

Коэффициент торцового перекрытия:

$$e_a = \frac{Z_1}{2p} (\operatorname{tga}_{\alpha_{t1}} - \operatorname{tga}_{\alpha_{tw}}) + \frac{Z_2}{2p} (\operatorname{tga}_{\alpha_{t2}} - \operatorname{tga}_{\alpha_{tw}}), \quad (1.26)$$

где Z – число зубьев зубчатого колеса;
 α – угол зацепления зубчатого колеса.
 Угол зацепления:

$$\alpha_{tw} = \arctg \frac{\operatorname{tga}}{\cos \beta}, \quad (1.27)$$

где α – угол зацепления зубчатого колеса;
 β – угол наклона зубьев зубчатого колеса.

$$\alpha_{tw1} = \alpha_{tw2} = \arctg \frac{\operatorname{tg} 20^{\circ}}{\cos 18^{\circ}} = 20^{\circ} 56'$$

$$\alpha_{t1} = \arccos \frac{d_{b1}}{d_{a1}}, \quad (1.28)$$

где d_{b1} – диаметр основной окружности зубчатого колеса;
 d_{a1} – диаметр окружности вершин зубчатого колеса.

$$a_{\text{ta1}} = \arccos \frac{160,65}{180} = 26^{\circ}48'$$

$$a_{\text{ta2}} = \arccos \frac{198,45}{220} = 25^{\circ}34'$$

$$e_{a1,2} = \frac{34}{2p} (\text{tg}26^{\circ}48' - \text{tg}20^{\circ}56') + \frac{42}{2p} (\text{tg}25^{\circ}34' - \text{tg}20^{\circ}56') = 1,37$$

Коэффициент осевого перекрытия:

$$e_b = \frac{b_w}{\rho m} \sin \beta, \quad (1.29)$$

где b_w – длина зуба зубчатого колеса;

m – модуль;

β – угол наклона зубьев зубчатого колеса.

$$e_{b1} = \frac{46}{3,14 \times 5} \sin 18^{\circ} = 0,91$$

$$e_{b2} = \frac{50}{3,14 \times 5} \sin 18^{\circ} = 0,98$$

$$Y_{\varepsilon 1} = 0,75;$$

$$Y_{\varepsilon 2} = 0,74$$

6-я степень точности изготовления зубчатого колеса, $K_{F\alpha} = 1$.

$$K_{F\beta} = 1 + (K_{\beta 0} - 1) K_{FW}, \quad (1.30)$$

где $K_{\beta 0}$ – коэффициент учитывает неравномерность распределения нагрузки в начальный период работы;

K_{FW} – коэффициент учитывает влияние приработки зубьев, $K_{FW1} = K_{FW2} = 1$.

Для нахождения $K_{\beta 0}$ определяем отношение $\Psi_{bd} = b_w/d$;

$$\Psi_{bd1} = 0,27; \quad \Psi_{bd2} = 0,29;$$

$$K_{\beta 01} = 1,08;$$

$$K_{\beta 02} = 1,07$$

$$K_{F\beta 1} = 1 + (1,08 - 1)1 = 1,08;$$

$$K_{F\beta 2} = 1 + (1,07 - 1)1 = 1,07$$

$$K_{FV} = K_{Vd} K_{VE}, \quad (1.31)$$

где $K_{V\delta}$ – учитывают погрешности изготовления зубчатого колеса;
 K_{VE} – учитывают погрешности изготовления зубчатого колеса,

$$K_{V\delta 1} = K_{V\delta 2} = 1,02; K_{VE1} = K_{VE2} = 1,08.$$

$$K_{FV1} = K_{FV2} = 1,02 > 1,08 = 1,1$$

$K_{F\mu 1} = 1,05$ – для ведущего зубчатого колеса;

$K_{F\mu 2} = 0,95$ – для ведомого зубчатого колеса;

K_{FX} зависит от диаметра колеса и модуля, $K_{FX1} = K_{FX2} = 1,04$.

Подставляя значения всех коэффициентов в формулу (1.19), получаем значения напряжений изгиба зубьев на 1-й передаче.

Для шестерни:

$$s_{F1} = \frac{107128}{46 \times 5} 2,48 \times 0,75 \times 1 \times 1,08 \times 1,1 \times 1,05 \times 1,04 = 1123 \text{ мПа.}$$

для колеса:

$$s_{F2} = \frac{107128}{50 \times 5} 2,53 \times 0,74 \times 1 \times 1,07 \times 1,1 \times 0,95 \times 1,04 = 933 \text{ мПа.}$$

Ресурс по усталости при изгибе, затрачиваемый на 1 км:

Примем во внимание, что на пониженной передаче автомобиль движется 30% времени и учтем это в расчете.

$$R_F = \frac{500 U_{TP}}{\rho r_d} \left(\dot{a} s_{Fi}^{m_F} g_i K_{PFi} \right), \quad (1.32)$$

где U_{TP} – передаточное число от шестерни до колес;

r_d – радиус качения колеса, м;

s_{F1} – напряжение изгиба;

m_F – показатель кривой усталости, $m_F = 9$;

γ_i – относительные пробеги на передачах;

K_{PF} – коэффициент пробега.

$$R_{F1} = \frac{500 > 97,02}{3,14 \times 0,599} 1123^9 \times 0,005 \times 0,03 \times 0,3 = 3,3 \times 10^{27};$$

$$R_{F2} = \frac{500 \times 97,02}{3,14 \times 0,599} 933^9 \times 0,005 \times 0,03 \times 0,3 = 6,21 \times 10^{26}.$$

Предельное напряжение изгиба при базовом числе циклов N_{F0} :

$$S_{FP0} = S_{Flimb} Y_R K_{FC} , \quad (1.33)$$

где σ_{Flimb} – характеристика выносливости материала, $\sigma_{Flimb} = 500$ мПа, выбираем сталь 20ХН3А;

Y_R – учитывает особенности обработки зубьев, $Y_R = 1$;

K_{FC} – учитывает характер нагружения, $K_{FC} = 1,3$.

$$S_{FP01} = S_{FP02} = 500 \times 1 \times 1,3 = 650 \text{ мПа.}$$

Общий ресурс зубчатого колеса:

$$R_{Flim} = S_{FP0}^{m_F} N_{F0} , \quad (1.34)$$

где S_{FP0} – предельное напряжение изгиба;

m_F – показатель кривой усталости, $m_F = 9$;

N_{F0} – число циклов, $N_{F0} = 5 \cdot 10^6$.

$$R_{Flim} = 650^9 \times 5 \times 10^6 = 8,28 \times 10^{31}.$$

Пробег автомобиля до усталостной поломки зуба:

$$L_F = \frac{R_{Flim}}{R_F} , \quad (1.35)$$

где R_{Flim} – общий ресурс зубчатого колеса;

R_F – ресурс по усталости при изгибе, затрачиваемый на 1 км.

$$L_{F1} = \frac{8,28 \times 10^{31}}{3,30 \times 10^{27}} = 2,5 \times 10^4 \text{ км;}$$

$$L_{F2} = \frac{8,28 \times 10^{31}}{6,21 \times 10^{26}} = 1,3 \times 10^5 \text{ км.}$$

Допускаемое напряжение изгиба:

$$S_{FP} = S_{FP0} K_{FL} , \quad (1.36)$$

где S_{FP0} – предельное напряжение изгиба;

K_{FL} – коэффициент долговечности.

$$K_{FL} = m_F \sqrt{\frac{N_{F0}}{N_{FE}}}, \quad (1.37)$$

где m_F – показатель кривой усталости, $m_F = 9$;

N_{F0} – число циклов, $N_{F0} = 5 \cdot 10^6$;

N_{FE} – эквивалентное число циклов.

$$N_{FE1} = \frac{R_F L_F}{S_F^{m_F}}, \quad (1.38)$$

где R_F – ресурс по усталости при изгибе, затрачиваемый на 1 км;

L_F – Пробег автомобиля до усталостной поломки зуба;

σ_{Fi} – напряжение изгиба на самой нагруженной, в данном случае на 1-й передаче;

m_F – показатель кривой усталости, $m_F = 9$.

$$N_{FE1} = \frac{3,3 \times 10^{27} \times 2 \times 10^4}{1123^9} = 22234;$$

$$N_{FE2} = \frac{6,21 \times 10^{26} \times 2 \times 10^4}{933^9} = 1333;$$

$$K_{FL1} = \sqrt[9]{\frac{4 \times 10^6}{22234}} = 1,78;$$

$$K_{FL2} = \sqrt[9]{\frac{4 \times 10^6}{1333}} = 2,43.$$

Получаем: $\sigma_{FP1} = 1157$ МПа, $\sigma_{FP2} = 1579,5$ МПа.

У обоих колес выполняется условие: $\sigma_{FP} > \sigma_F$.

Контактные напряжения.

Параметр контактного напряжения:

$$\Pi_H = \frac{F_t}{b_w d_w} Z_H Z_e K_{Ha} K_{Hb} K_{HV} K_{Hm} K_{Hx}, \quad (1.39)$$

где F_t – окружная сила;

					23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

b_w – длина зуба зубчатого колеса;

d_w – диаметр зубчатого колеса;

Z_H – коэффициент, учитывающий форму сопряженных поверхностей зубьев;

Z_ε – коэффициент, зависящий от суммарной длины контактных линий и величины перекрытия;

$K_{F\alpha}$ – коэффициент, учитывающий распределение напряжений между зубьями;

$K_{F\beta}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по ширине венца;

K_{FV} – коэффициент, учитывающий динамические нагрузки в зацеплении;

$K_{F\mu}$ – коэффициент, учитывающий свойства смазки;

K_{FX} – коэффициент, учитывающий габариты зубчатого колеса.

Все коэффициенты аналогичны соответствующим коэффициентам для напряжений изгиба.

$$Z_{H1} = Z_{H2} = \frac{2(U+1)\cos^2 \beta}{i \sin 2\alpha_{tw}}, \quad (1.40)$$

где U – передаточное число;

β – угол наклона зубьев зубчатого колеса;

α_{tw} – угол зацепления.

$$Z_{H1} = Z_{H2} = \frac{2(1,9+1)\cos^2 18^\circ}{1,9 \sin(2 \times 20^\circ 56')} = 4,14;$$

$$Z_{e1} = Y_{e1} = 0,75; \quad Z_{e2} = Y_{e2} = 0,74.$$

$$K_{Ha1} = K_{Ha2} = K_{H\psi} K_{Hj} = 1,3,$$

где $K_{H\psi}$ – учитывает повышение интенсивности нагрузки, $K_{H\psi} = 1,3$;

K_{Hj} – учитывает неточность распределения нагрузки между зубьями, $K_{Hj} = 1$.

$$K_{Hb} = 1 + (K_b^0 - 1) K_{HW};$$

$$K_{HW} = 0,78;$$

$$K_{Hb1} = 1 + (1,08 - 1)0,72 = 0,78;$$

$$K_{Hb2} = 1 + (1,07 - 1)0,72 = 0,77.$$

$$K_{HV1,2} = \sqrt{K_{FV}} = \sqrt{1,1} = 1,05;$$

$$K_{H\mu 1,2} = 1;$$

так как $d_w < 700$ мм, то $K_{HX 1,2} = 1$.

Подставляя коэффициенты в формулу (1.39), получаем значения параметра контактных напряжений для зубчатых колес 1-й передачи:

$$\Pi_{H1} = \frac{107128}{46 \times 70} 4,14 \times 0,75 \times 1,3 \times 0,78 \times 1,05 \times 1 \times 1 = 45,28 \text{ мПа};$$

$$\Pi_{H3} = \frac{107128}{50 \times 70} 4,14 \times 0,74 \times 1,3 \times 0,77 \times 1,05 \times 1 \times 1 = 32,85 \text{ мПа}.$$

Ресурс по контактной усталости на 1 км пробега:

$$R_H = \frac{500 U_{TP}}{\rho r_d} \left(\prod_{i=1}^{3X} \Pi_{Hii}^{m_H} g_i K_{PHi} \right), \quad (1.41)$$

где U_{TP} – передаточное число от шестерни до колес;

r_d – радиус качения колеса, м;

Π_H – параметр контактных напряжений;

m_H – показатель кривой усталости, $m_H = 3$;

g_i – относительные пробеги на передачах;

K_{PF} – коэффициент пробега.

$$R_{H1} = \frac{500 \times 97,02}{3,14 \times 0,599} 45,28^3 \times 0,005 \times 0,11 \times 0,3 = 395074;$$

$$R_{H2} = \frac{500 \times 97,02}{3,14 \times 0,599} 32,85^3 \times 0,005 \times 0,11 \times 0,3 = 150857.$$

Предельное контактное напряжение:

$$\Pi_{HP0} = \Pi_{Hlim b} Z_R, \quad (1.42)$$

где $\Pi_{Hlim b}$ – параметр предела контактной выносливости, $\Pi_{Hlim b} = 19$;

$Z_R = 1,0$ при $R = 1.25 \dots 0.63$.

$$\Pi_{HP0} = 19 \times 1 = 19 \text{ мПа}.$$

Общий ресурс зубчатого колеса:

$$R_{H\lim} = \Pi_{HP0}^{m_H} N_{H0}, \quad (1.43)$$

где Π_{HP0} – предельное контактное напряжение;

m_H – показатель кривой усталости, $m_H = 3$;

N_{H0} – число циклов, $N_{H0} = 1,2 \cdot 10^8$.

$$R_{H\lim} = 19^3 \cdot 1,2 \cdot 10^8 = 8,2 \cdot 10^{11}$$

Пробег автомобиля до появления прогрессирующего выкрашивания поверхности зуба:

$$L_H = \frac{R_{H\lim}}{R_H}, \quad (1.44)$$

где $R_{H\lim}$ – общий ресурс зубчатого колеса;

R_H – ресурс по усталости затрачиваемый на 1 км.

$$L_{H1} = \frac{8,2 \cdot 10^{11}}{395074} = 2,08 \cdot 10^6 \text{ км};$$

$$L_{H2} = \frac{8,2 \cdot 10^{11}}{150857} = 5,44 \cdot 10^6 \text{ км}.$$

Допускаемое контактное напряжение:

$$s_{HP} = Z_M \sqrt{\Pi_{HP0} K_{HL}}, \quad (1.45)$$

где Z_M – учитывает механические свойства материала, $Z_M = 275 \text{ мПа}^{1/2}$;

Π_{HP0} – предельное контактное напряжение;

K_{HL} – коэффициент долговечности.

$$K_{HL} = m_H \sqrt{\frac{N_{H0}}{N_{HE}}}, \quad (1.46)$$

где m_H – показатель кривой усталости, $m_H = 3$;

N_{H0} – число циклов, $N_{H0} = 1,2 \cdot 10^8$.

N_{HE} – эквивалентное число циклов.

					23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$R_A = \frac{10781 \times 0,084 - 12698 \times 0,042}{0,212} = 1807 \text{ Н.}$$

$$M_{\text{Сл}} = R_A a = 1807 \times 0,170 = 307 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{Спр}} = R_B b = 14505 \times 0,042 = 609 \text{ Нм.}$$

Обозначения: «л» и «пр» – соответственно – справа и слева от шестерни.
Рассматриваем горизонтальную (условно) плоскость:

$$SM_A = 0; R_B = \frac{P_t a}{a + b} \quad (1.55)$$

$$R_B = \frac{33179 \times 0,170}{0,212} = 26606 \text{ Н.}$$

$$R_A = P_t - R_B = 33179 - 26606 = 6573 \text{ Н};$$

$$M_C = R_A = 6573 \times 0,170 = 1117 \text{ Нм.}$$

Суммарные величины:

$$R_{AS} = \sqrt{1807^2 + 6573^2} = 6817 \text{ Н};$$

$$R_{BS} = \sqrt{14505^2 + 26606^2} = 30303 \text{ Н.}$$

Здесь индексы «Г» и «В» означают горизонтальную и вертикальную плоскость соответственно.

$$M_{\text{Сл}} = \sqrt{1117^2 + 307^2} = 1158 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{Спр}} = \sqrt{1117^2 + 609^2} = 1272 \text{ Нм.}$$

Результирующее напряжение на валу от совместного действия изгибающего и крутящего моментов:

$$s = \frac{\sqrt{M_{\text{И}}^2 + M_{\text{КР}}^2}}{0,1 \times d^3} 1000, \quad (1.56)$$

где d – диаметр вала.

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР				

Рассматриваем вертикальную (условно) плоскость:

$$R_B = \frac{12801 \times 0,105 - 10868 \times 0,105}{0,191} = 1063 \text{ Н};$$

$$R_A = \frac{12801 \times 0,086 + 10868 \times 0,105}{0,191} = 11738 \text{ Н};$$

$$M_{\text{Сл}} = R_A \cdot a = 11738 \times 0,105 = 1232 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{Спр}} = R_B \cdot b = 1063 \times 0,086 = 91 \text{ Нм}.$$

Обозначения: «л» и «спр» – соответственно – слева и справа от левой опоры.
Рассматриваем горизонтальную (условно) плоскость:

$$R_B = \frac{33448 \times 0,105}{0,191} = 18388 \text{ Н};$$

$$R_A = P_t - R_B = 33448 - 18388 = 15060 \text{ Н};$$

$$M_C = R_A \cdot a = 15060 \times 0,105 = 1581 \text{ Нм}.$$

Суммарные величины:

$$R_{AS} = \sqrt{15060^2 + 11738^2} = 19094 \text{ Н};$$

$$R_{BS} = \sqrt{18388^2 + 1063^2} = 18419 \text{ Н}.$$

Здесь индексы «г» и «в» означают горизонтальную и вертикальную плоскость соответственно.

$$M_{\text{Сл}} = \sqrt{1581^2 + 1232^2} = 2004 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{Спр}} = \sqrt{1581^2 + 91^2} = 1584 \text{ Нм}.$$

Результирующее напряжение на валу от совместного действия изгибающего и крутящего моментов:

$$s = \frac{\sqrt{M_{\text{И}}^2 + M_{\text{КР}}^2}}{0,1 d^3_{\text{н}} \cdot \frac{\sigma_{\text{в}}}{\sigma_{\text{д}}}} \cdot 1000 \quad (1.57)$$

где d_B – внутренний диаметр;
 d_H – наружный диаметр.

$$s = \frac{\sqrt{2004^2 + 3512^2}}{0,1 \times 75^3 \frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{4} \frac{18 \cdot 10^4}{75} \frac{\pi}{4}} 1000 = 115 \text{ МПа} \quad \sigma [s] = 250 \text{ МПа}.$$

Определяем силы и моменты действующие на корпус дифференциала. Расчетная схема и эпюры приведены на рисунке 12.

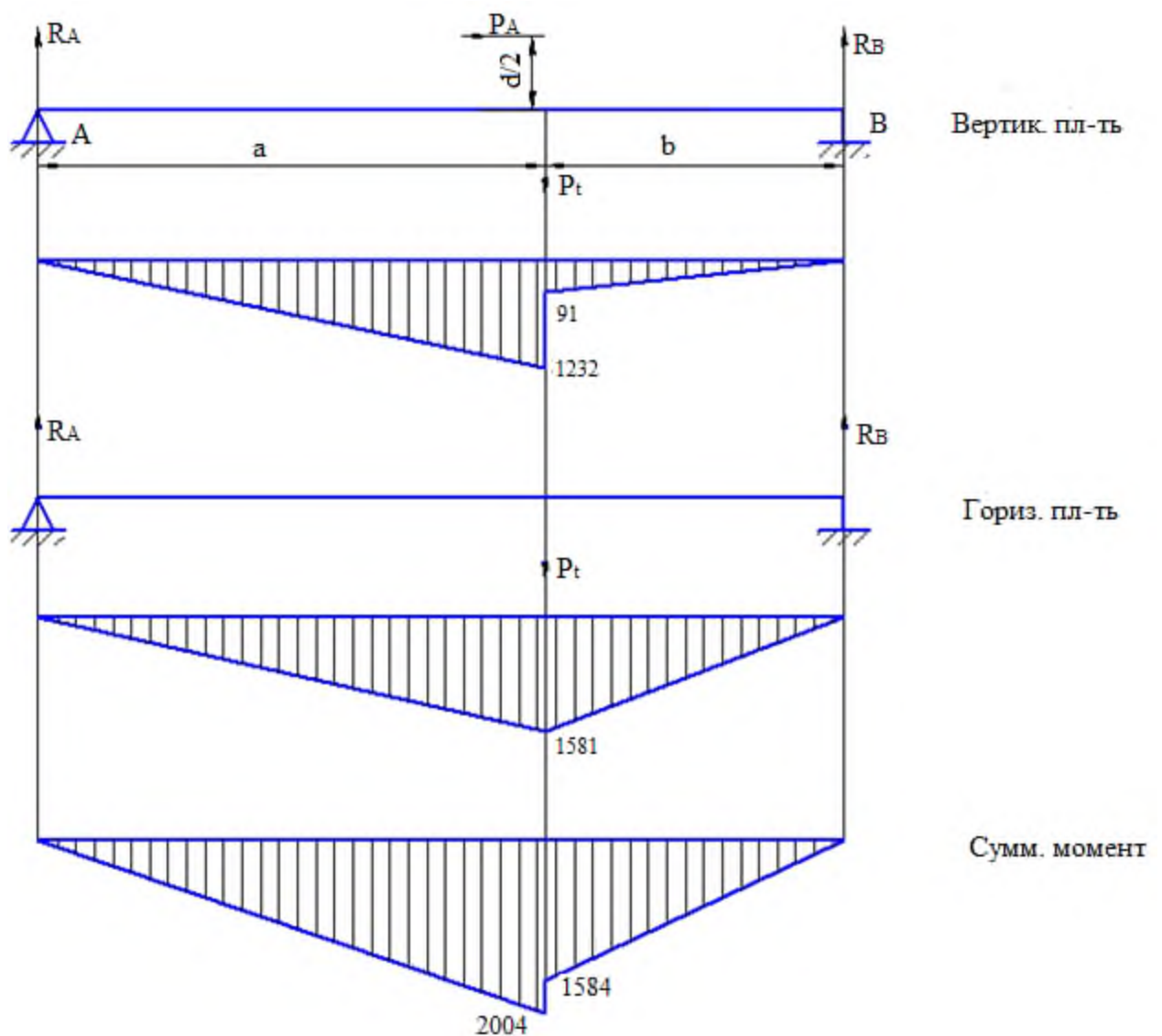


Рисунок 12 – Силы и моменты, действующие на корпус дифференциала

2.8 Расчет подшипников

Подшипник 7315А

Расчет подшипника выполняем для наиболее нагруженной опоры.

Исходные данные:

Размеры подшипника..... $d = 75\text{мм}$, $D = 160\text{мм}$, $B = 40\text{мм}$;

Динамическая грузоподъемность..... $C = 229\text{кН}$;

Статическая грузоподъемность..... $C_0 = 185\text{кН}$;

Радиальная нагрузка на подшипник..... $F_r = 6114,4\text{Н}$;

Осевая нагрузка на подшипник..... $F_a = 3480\text{Н}$;

Частота вращения кольца подшипника..... $n = 281,3\text{мин}^{-1}$.

Эквивалентная динамическая нагрузка:

$$P = K_b K_T (XV F_r + Y F_a), \quad (1.58)$$

где K_b – коэффициент безопасности, $K_b = 1,3$;

K_T – температурный коэффициент, $K_T = 1$ при температуре подшипникового узла $T < 105^\circ\text{C}$;

X – коэффициент радиальной нагрузки, для роликового подшипника, $X=1$;

V – коэффициент вращения, $V=1$ при вращении внутреннего кольца подшипника;

F_r – радиальная нагрузка на подшипник, $F_r = 6114,4\text{Н}$;

Y – коэффициент осевой нагрузки, для роликового подшипника, $Y=1$;

F_a – осевая нагрузка на подшипник, $F_a = 3480\text{Н}$.

$$P = 1,3 \cdot 1 (1 \cdot 1 \cdot 12801 + 1 \cdot 10868) = 30770\text{Н} = 30,8\text{кН}.$$

Долговечность подшипника при максимальной нагрузке, ч:

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^m, \quad (1.59)$$

где n – частота вращения вала;

C – грузоподъемность;

P – эквивалентная динамическая нагрузка;

m – показатель степени кривой усталости, для роликовых подшипников, $m = 0,33$.

$$L_h = \frac{10^6}{60 \times 11,1} \frac{229 \times 10^3}{30,8 \times 10^3}^{0,33} = 120342 \text{ ч}.$$

Если задан типовой режим нагружения, то эквивалентная долговечность подшипника.

$$L_E = \frac{L_h}{\mu_h}, \quad (1.60)$$

									Лист
									43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР				

Рабочие поверхности шлицев термически обработаны.

По справочным таблицам находим размеры данного прямобочного шлицевого соединения:

$$z \times d \times D = 10 \times 36 \times 45; f = 0,4; r = 0,3.$$

По таблице при данных условиях эксплуатации принимаем $[\sigma_{см}] = 150 \dots 200$ МПа.

Средний диаметр соединения:

$$d_{cp} = \frac{d + D}{2}, \quad (1.61)$$

где d – внутренний диаметр вала;

D – наружный диаметр вала.

$$d_{cp} = \frac{36 + 45}{2} = 40,5 \text{ мм.}$$

Площадь смятия рабочей поверхности одного зуба соединения рассчитывается по формуле:

$$F_{см} = \frac{\pi D - d}{e} \cdot \frac{f}{\delta} \cdot p, \quad (1.62)$$

где d – внутренний диаметр вала;

D – наружный диаметр вала;

f – фаска шлицевого зуба.

$$F_{см} = \frac{\pi 45 - 36}{e} \cdot 0,4 \cdot \frac{1}{\delta} = 143,5 \text{ мм}^2.$$

Принятые размеры шлицевого соединения проверяем на смятие по формуле:

$$s_{см} = \frac{2 M_{кр}}{0,75 z d_{cp} F_{см}}, \quad (1.63)$$

где $M_{кр}$ – передаваемый крутящий момент;

z – число зубьев;

d_{cp} – средний размер соединения;

$F_{см}$ – площадь смятия рабочей поверхности одного зуба.

$$s_{см} = \frac{2 \times 3512}{0,75 \times 10 \times 40,5 \times 143,5} = 161 \text{ МПа.}$$

										Лист
										45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР					

По справочным таблицам находим размеры данного прямобочного шлицевого соединения:

$$z \times d \times D = 16 \times 52 \times 60; f = 0,5; r = 0,5.$$

По таблице при данных условиях эксплуатации принимаем $[\sigma_{см}] = 150 \dots 200$ МПа.

Средний диаметр соединения:

$$d_{cp} = \frac{52 + 60}{2} = 56 \text{ мм.}$$

Площадь смятия рабочей поверхности одного зуба соединения:

$$F_{см} = \frac{z \cdot d \cdot (D - d)}{2} = \frac{16 \cdot 56 \cdot (60 - 52)}{2} = 112 \text{ мм}^2.$$

Принятые размеры шлицевого соединения проверяем на смятие:

$$s_{см} = \frac{2 \times 3512}{0,75 \times 16 \times 56 \times 12} = 93 \text{ МПа.}$$

Так как в данном случае полученное значение $[\sigma_{см}]$ меньше допускаемого $[\sigma_{см}]$, следовательно, рассчитанное шлицевое соединение можно признать годным по условию смятия.

Шлицевое соединение муфты включения блокировки дифференциала с корпусом дифференциала (позиция 4 рисунок 13).

Расчет ведется при включенной муфте блокировки дифференциала и выключенном переднем приводе.

Рабочая длина соединения: $l_p = 20$ мм.

Передаваемый крутящий момент: $M_{кр} = 3512$ Нм.

Материал муфты и корпуса дифференциала – сталь 40Х. Рабочие поверхности шлицев термически обработаны.

По справочным таблицам находим размеры данного прямобочного шлицевого соединения:

$$z \times d \times D = 16 \times 62 \times 72; f = 0,5; r = 0,5.$$

По таблице при данных условиях эксплуатации принимаем $[\sigma_{см}] = 150 \dots 200$ МПа.

Средний диаметр соединения:

$$d_{cp} = \frac{62 + 72}{2} = 67 \text{ мм.}$$

					23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Площадь смятия рабочей поверхности одного зуба соединения рассчитывается:

$$F_{\text{см}} = \frac{\frac{2 - 62}{2} - 0,5 \frac{\ddot{o}}{\varnothing}}{e} = 90 \text{мм}^2.$$

Принятые размеры шлицевого соединения проверяем на смятие по формуле:

$$s_{\text{см}} = \frac{2 \times 3512}{0,75 \times 16 \times 67 \times 90} = 97 \text{МПа}.$$

Так как в данном случае полученное значение $[\sigma_{\text{см}}]$ меньше допускаемого $[\sigma_{\text{см}}]$, следовательно, рассчитанное шлицевое соединение можно признать годным по условию смятия.

Торцевое соединение муфты включения блокировки дифференциала (позиция 5 рисунок 13).

Расчет ведется при включенной муфте блокировки дифференциала и выключенном переднем приводе.

Рабочая длина соединения: $l_p = 20$ мм.

Передаваемый крутящий момент: $M_{\text{кр}} = 3512$ Нм.

Материал муфты и корпуса дифференциала – сталь 40Х. Рабочие поверхности шлицев термически обработаны.

По таблице при данных условиях эксплуатации принимаем $[\sigma_{\text{см}}] = 150 \dots 200$ МПа.

Средний диаметр соединения:

$$d_{\text{ср}} = \frac{93 + 133}{2} = 113 \text{мм}.$$

Площадь смятия рабочей поверхности одного зуба соединения рассчитывается по формуле:

$$F_{\text{см}} = (h - f)l_p, \quad (1.64)$$

где h – высота контактной поверхности зуба;

f – фаска шлицевого зуба;

l_p – рабочая длина соединения.

$$F_{\text{см}} = (3,5 - 0,4)20 = 62 \text{мм}^2.$$

Принятые размеры шлицевого соединения проверяем на смятие:

$$s_{\text{см}} = \frac{2 \times 3512}{0,75 \times 10 \times 13 \times 62} = 134 \text{МПа}.$$

Так как в данном случае полученное значение $[\sigma_{\text{см}}]$ меньше допускаемого $[\sigma_{\text{см}}]$,

					23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

следовательно, рассчитанное соединение можно признать годным по условию смятия.

2.10 Расчет межосевого дифференциала

Дифференциалом называется механизм трансмиссии, распределяющий крутящий момент двигателя между ведущими колесами и ведущими мостами автомобиля. Дифференциал обеспечивает разную скорость вращения ведущих колес при движении автомобиля по неровным дорогам и на поворотах. В связи с тем, что дифференциал обычно устанавливают внутри раздаточной коробке, его габаритные размеры имеют важное значение.

Выбор прототипа дифференциала. Для данного типа автомобиля наиболее оптимальным является конический симметричный дифференциал, так как конический симметричный дифференциал является дифференциалом малого трения, имеет небольшое внутреннее трение, прост по конструкции, имеет небольшие размеры и массу, высокие КПД и надёжность, обеспечивает хорошие управляемость и устойчивость, уменьшает изнашивание шин и расход топлива. Этот дифференциал также называют простым дифференциалом.

К дифференциалу предъявляются требования, в соответствии с которыми он должен: распределять крутящий момент между ведущими мостами, обеспечивая автомобилю наилучшие тягово-коростные свойства, проходимость, управляемость и устойчивость, иметь минимальные габаритные размеры.

При расчёте дифференциала рассчитывают полуосевые шестерни, сателлиты и крестовину сателлитов на прочность.

Расчёт шестерен и сателлитов.

Расчёт полуосевых шестерен и сателлитов дифференциала на прочность выполняется аналогично расчёту на прочность шестерен главной передачи. При этом различается только определение окружной силы, действующей на зубья шестерен. При расчете считают, что окружная сила распределяется поровну между всеми сателлитами и каждый сателлит передает усилие двумя зубьями.

Окружная сила, действующая на один сателлит:

$$P_c = \frac{M_{кр}}{2 r_1 n_c}, \quad (1.65)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент подводимый к корпусу дифференциала;

r_1 – радиус приложения окружной силы;

n_c – число сателлитов.

$$P_c = \frac{3512}{2 \times 0,038 \times 4} = 11553 \text{ Н.}$$

Напряжение изгиба в зубьях полуосевых шестерен и сателлитов:

										Лист
										49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Допустимые напряжения смятия $[\sigma_{см}] = 50...60$ мПа.

Допустимые напряжения среза $[\tau_{ср}] = 100...120$ мПа.

Окружная сила, действующая на ось:

$$P_{д} = \frac{3512}{0,065 \times 4} = 13508 \text{Н.}$$

Допустимые напряжения смятия $[\sigma_{см}] = 50...60$ мПа.

Ось в месте крепления в корпусе дифференциала рассчитываем на смятие:

$$s_{см} = \frac{13508}{25 > 20} = 27 \text{мПа};$$

$\sigma_{см} < 60$ мПа – условие выполнено.

При расчёте дифференциала по давлению торца сателлита на корпус дифференциала в месте контакта определяют напряжения смятия:

$$s_{см} = \frac{Q}{F_c}, \quad (1.69)$$

где Q – осевая сила действующая на ось;

F_c – торцовая площадь сателлита.

$$Q = P_c \operatorname{tg} \alpha \sin \delta, \quad (1.70)$$

где P_c – осевая сила, действующая на сателлит;

α – угол зацепления;

δ – половина угла начального конуса сателлита.

$$Q = 11553 \operatorname{tg} 30 \sin 33 = 3633 \text{Н.}$$

$$F_c = \rho \frac{d_1^2 - d^2}{4}, \quad (1.71)$$

где d_1 – диаметр поверхности контакта сателлита с корпусом дифференциала.

$$F_c = 3,14 \frac{54^2 - 23,5^2}{4} = 1855,5 \text{мм}^2;$$

$$s_{см} = \frac{3633}{1855,5} = 1,96 \text{мПа};$$

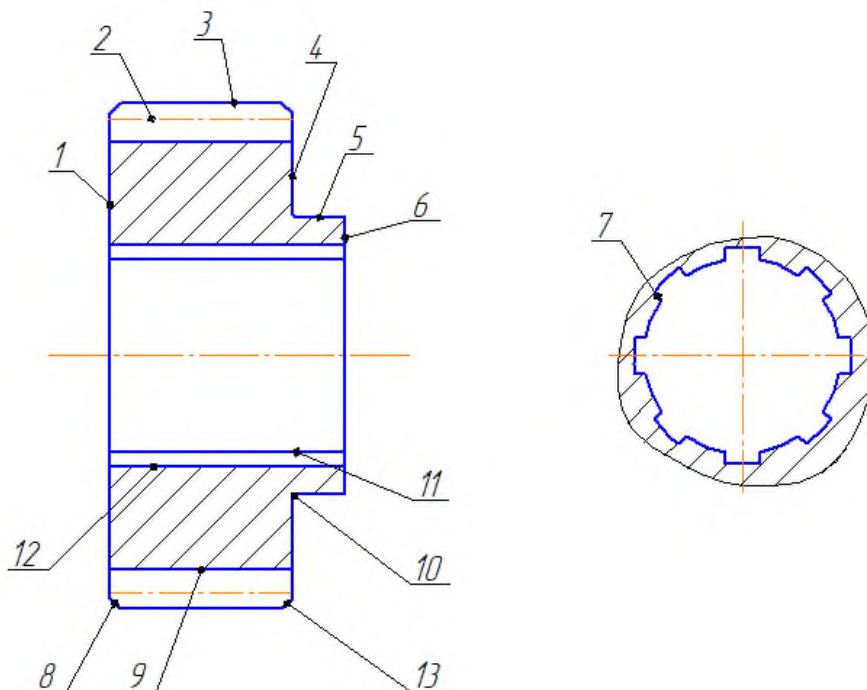


Рисунок 15 – Систематизация поверхностей

Таблица 8 – Классификация поверхностей детали по служебному назначению

Вид поверхностей	Номера поверхностей
исполнительные	2; 7
основные конструкторские базы (ОКБ)	3; 4; 5; 11
вспомогательные конструкторские базы (ВКБ)	1; 6; 9; 12
свободные	остальные

3.4 Выбор и проектирование заготовки

Выбор метода получения заготовки[13]

При выборе технологических методов и процессов получения заготовок учитываются прогрессивные тенденции развития технологии машиностроения.

Поэтому, исходя из необходимости максимального приближения формы и размеров заготовки к параметрам готовой детали ее следует получать методом горячей объемной штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП). Годовая программа выпуска $N_r = 4000$ шт. производство – среднесерийное.

Данный вид и способ получения заготовки удовлетворяет условиям служебного назначения детали, техническим требованиям, предъявленным к ней, широко используется в среднесерийном и массовом производстве и наиболее полно обеспечивает приближенность формы и размеров заготовки к форме готовой детали. В соответствии дополнительно к припускам допускается конусность 1:20. Эскиз заготовки показан на рисунке 16.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР

Лист

54

3.8 Расчет промежуточных припусков табличным методом

Промежуточные припуски на обработку поверхностей табличным методом определяется следующим образом: если обрабатывается однократно, то припуск определяется вычитанием из размера заготовки размер детали. Если поверхность обрабатывается многократно, от общего припуска определяется так же, как и при однократной обработке.

Результаты расчетов припусков табличным методом приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Припуски на обработку поверхностей колеса зубчатого

Размер, мм	Припуск, мм
52	2,2
67	2,2
Æ56	2,2
Æ79	2,2
Æ144	2,4

3.9 Расчет и выбор режимов резания

Номер операции: 020.

Название операции: зубофрезерная.

Содержание операции: на данной операции нарезаем зубы, выдерживая шаг и высоту зуба согласно чертежу.

Выберем режущий инструмент. Примем червячную модульную фрезу цельную с быстрорежущей стали P6M5K5. Для повышения производства чернового нарезания зубьев принимаем двухзаходную червячную фрезу; класс точности – С. Назначим режимы резания.

1. Определим глубину резания. Нарезаем зубья за один рабочий ход. Обычно черновые червячные фрезы профилируют такими, чтобы можно было нарезать зубья на полную глубину, но оставляя припуск на конечную обработку только по боковым сторонам зуба, тогда:

$$t = h = 2,2m = 2,2 \cdot 0,3 = 0,66 \text{ мм.}$$

2. Назначим подачу на один оборот зубчатого колеса. Сначала определим классификационную группу, к которой по нормативам относится данный зубофрезерный станок. Станок 5К32 относится к III группе станков, так как мощность его электродвигателя 7,5 кВт (см. паспортные данные).

Выберем подачу:

$$S_{o \text{ табл}} = 1,6 - 1,8 \text{ мм/об.}$$

Принимаем верхнюю границу диапазона подачи:

$$S_{o \text{ табл}} = 1,8 \text{ мм/об.}$$

Учтем поправочные коэффициенты на подачу, тогда

$$S_p = S_{o \text{ табл}} K_M K_B = 1,8 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 1,44 \text{ мм/об.}$$

3. Назначим период стойкости фрезы:

Рекомендуется: $T = 240$ мин.

4. Определить скорость главного движения резания, допустимая режущими свойствами фрезы.

$$V_T = 35,5 \text{ м/мин.}$$

Учтем поправочные коэффициенты на скорость главного движения резания:

$$K_M = 0,8; K_B = 0,95;$$

$$\text{тогда: } V_p = V_T K_M K_B = 35,5 \cdot 0,8 \cdot 0,95 = 26,98 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения фрезы, соответствующей найденной скорости главного движения резания:

$$n = 1000V_p / (\pi D) = 1000 \cdot 26,98 / (3,14 \cdot 144) = 123,72 \text{ мин}^{-1}.$$

Скорректируем частоту вращения по данным станка и установим истинную частоту вращения: $n_d = 100 \text{ мин}^{-1}$.

Действительная скорость главного движения резания:

$$V_d = \pi D n_d / 1000 = 3,14 \cdot 144 \cdot 100 / 1000 = 45,2 \text{ м/мин.}$$

5. Найдем мощность затрачиваемую для нарезки:

$$N_{\text{табл}} = 1,4 \text{ кВт.}$$

Учтем поправочный коэффициент на мощность: $K_B = 0,95$. Другие поправочные коэффициенты на мощность при данных условиях обработки не влияют.

$$N_{\text{риз}} = N_{\text{табл}} K_B = 1,4 \cdot 0,95 = 1,33 \text{ кВт.}$$

					23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Проверим достаточная мощность привода станка. В станке 5К32

$$N_{\text{штп}} = N_{\text{двиг}} \eta = 7,5 \cdot 0,65 = 4,9 \text{ кВт.}$$

1,33 < 4,9 – обработка возможна.

6. Основное время:

$$T_o = L_z / (n S_o K);$$

Длина рабочего хода фрезы: $L = b + l$.

Для обработки за один рабочий ход: $l = 16 \text{ мм.}$

Согласно замечанию в ходе предварительного зубофрезирования табличную величину l можно уменьшить на 1,3 м.

Тогда: $l = 15,61 \text{ мм.}$ При одновременной обработки на оправке четырех заготовок длина рабочего хода фрезы:

$$L = 4b + l = 4 \cdot 50 + 15,61 = 215,61 \text{ мм.}$$

Число заходов фрезы $k = 2$.

$$T_o = 215,61 \cdot 59 / (100 \cdot 1,4 \cdot 2) = 45 \text{ мин.}$$

Основное время, затрачиваемое на одну заготовку: $T_o = 45/4 = 11,25 \text{ мин.}$

Рассчитаем режимы резания на остальные операции техпроцесса

Результаты расчета в таблице 13.

Таблица 13 – Итоговая таблица режимов резания

№ операций	Наименование операции	t, мм	S _o , мм/об	V _{таб} , мин	n _{таб} , мин ⁻¹	n _{пр} , мин ⁻¹	V _{пр} , м/мин
010	токарная	0,4	0,25	160	529	550	166,3
015	токарная	0,4	0,25	160	832	850	163,4
020	зубофрезерная	0,66	1,44	45,2	94	123,72	45,2
025	протяжная	0,15x5,5	–	12	–	12	–
050	зубошлифовальная	0,1	0,05	45	225	200	40

3.10 Определение норм времени на операции

Штучно-калькуляционное время [2]:

					23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} , \quad (2.1)$$

где $T_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время, мин;
 n – количество деталей в настроенной партии, шт.

$$n = N \frac{a}{D} , \quad (2.2)$$

где N – программа;
 a – периодичность запуска в днях (3, 6, 12, 24 дня);
 D – количество рабочих дней.
 Принимаем $a = 6$, тогда:

$$n = 4000 \frac{6}{254} = 94.$$

Определяется норма штучного времени $T_{шт}$:
 Для всех операций:

$$T_{шт} = T_o + T_B k + T_{об.от} , \quad (2.3)$$

где T_o – основное время, мин;
 T_B – вспомогательное время, мин;
 k – коэффициент для среднесерийного производства, $k = 1,85$;
 $T_{об.от}$ – время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности, мин;
 $T_{тех}$ – время на техническое обслуживание рабочего места;
 $T_{орг}$ – время на организационное обслуживание;
 $T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.
 Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы:

$$T_B = T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из} , \quad (2.4)$$

где $T_{у.с}$ – время на установку и снятие детали, мин;
 $T_{з.о}$ – время на закрепление и открепление детали, мин;
 $T_{уп}$ – время на приемы управления, мин;
 $T_{из}$ – время на измерение детали, мин.

$$T_{тех} = T_o t_{п} / T , \quad (2.5)$$

где $t_{п}$ – время на одну правку шлифовального круга, мин;
 T – стойкость круга, мин.

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР						61

Приведем пример расчета норм времени.
 Расчет норм времени на токарную операцию 010
 Основное время:

$$T_o = \frac{L_{px} i}{n S_o}, \quad (2.6)$$

где L_{px} – длина рабочего хода.

n – количество деталей в настроенной партии, шт;

S_o – подача, мм/об;

i – число переходов, $i = 1$.

$$L_{px} = L_{рез} + l_1 + l_2 + l_3, \quad (2.7)$$

где $L_{рез}$ – длина резания, мм;

l_1 – длина подвода режущего инструмента к обрабатываемой поверхности, мм;

l_2 – длина врезания режущего инструмента, мм;

l_3 – длина перебега режущего инструмента, мм.

$$T_o = \frac{143,5 \cdot 1}{550 \cdot 0,25} = 1,044 \text{ мин};$$

$$T_b = (0,15 + 0,01 + 0,03 \cdot 3 \cdot 0,2) = 0,178 \text{ мин};$$

$$T_{оп} = 1,044 + 0,178 = 1,222 \text{ мин};$$

$$T_{об.от} = 0,06 \cdot 1,115 = 0,069 \text{ мин};$$

$$T_{п-з} = 20 \text{ мин};$$

$$T_{шт} = 1,155 + 0,069 = 1,224 \text{ мин};$$

$$T_{шт-к} = 1,224 + \frac{16}{94} = 1,394 \text{ мин}.$$

Результаты расчетов норм времени на остальные операции заносим в таблицу 14.

					23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 14 – Нормы времени

№ операции	Наименование операции	T _о , мин	T _в , мин	T _{оп} , мин	T _{об.от} , мин	T _{п-з} , мин	T _{шт} , мин	n	T _{шт-кМ} ин
010	токарная	1,044	0,178	1,222	0,069	20	1,224	94	1,394
015	токарная	1,057	0,183	1,240	0,074	20	1,314	94	1,526
020	зубофрезерная	10,971	0,270	11,24	0,674	26	11,92	94	11,192
025	протяжная	0,500	0,370	0,870	0,052	12	0,922	94	1,049
050	зубошлифовальная	2,610	0,323	2,933	0,175	13	3,108	94	3,246

Выводы по разделу три

Технология изготовления деталей в значительной степени зависит от типа производства. Годовая программа выпуска равна 4000 шт. С учетом годовой программы определен тип производства среднесерийное.

При среднесерийном производстве желательно получение формы заготовки, максимально приближенной к форме детали. Так же необходимо учитывать не только эксплуатационные условия работы детали, ее размеры и форму, но и экономичность производства.

Учитывая эти факторы, выбран метод получения заготовок методом горячей объемной штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе.

Данный вид и способ получения заготовки удовлетворяет условиям служебного назначения детали, техническим требованиям, предъявленным к ней, широко используется в среднесерийном и массовом производстве и наиболее полно обеспечивает приближенность формы и размеров заготовки к форме готовой детали.

Деталь изготавливается из: сталь 40Х .

Определены степени точности, припуски на обрабатываемые поверхности, уклоны и назначены режимы резания и проведено нормирование технологических процессов.

Рассчитаем текущие затраты на производство раздаточной коробки в количестве, необходимом для выпуска единицы готового изделия.

Себестоимость рассчитывается по видам затрат, приведенным выше при характеристике текущих затрат. Сырье и материалы, комплектующие и полуфабрикаты, а также основная заработная плата производственных рабочих определяются прямым счетом. Остальные затраты – косвенно, через сумму основной заработной платы производственных рабочих (коммерческие расходы рассчитываются пропорционально производственной себестоимости).

$$C_{\text{нкз}} = C_{\text{см}} + C_{\text{пф}} + C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}} + C_{\text{вбф}} + C_{\text{рсо}}, \quad (3.3)$$

где $C_{\text{см}}$ – статья расходов «Сырье и материалы», руб;

$C_{\text{пф}}$ – статья расходов «Комплектующие и полуфабрикаты со стороны», руб;

$C_{\text{озп}}$ – статья расходов «Основная заработная плата основных производственных рабочих», руб;

$C_{\text{дзп}}$ – статья расходов «Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих», руб;

$C_{\text{вбф}}$ – статья расходов «Отчисления во внебюджетные фонды», руб;

$C_{\text{рсо}}$ – статья «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования», руб;

Расчет статьи «Сырье и материалы».

0,2м круг Сталь 20ХН3А (15 кг) цена 49900р/т

0,25м круг ГОСТ 2590-88, размер (7,13кг) цена 38000 р/т

0,15м круг ГОСТ 2590-88, размер (7,52кг) цена 38000 р/т

$$C_{\text{см}} = \sum C_{\text{ми}} N_{\text{pi}} (1 + K_{\text{тзр}}), \quad (3.4)$$

где $C_{\text{ми}}$ – цена материала i -го вида, руб;

N_{pi} – норма расхода i -го вида материала, кг/ед (п.м./ед);

$K_{\text{тзр}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов на материалы (общий по всем видам материалов).

$$C_{\text{см}} = (15 \cdot 49,9 + 7,13 \cdot 38 + 7,52 \cdot 38)(1 + 0,3) = 1697 \text{ руб.}$$

Расчет статьи «Комплектующие и полуфабрикаты со стороны».

$$C_{\text{пф}} = \sum C_{\text{пфи}} n_i, \quad (3.5)$$

где $C_{\text{пфи}}$ – цена покупных изделий и полуфабрикатов i -го вида, руб;

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

Подшипники – 853,7 руб., (2 шт.), муфта – 862 руб., муфта – 1150 руб., болты – 4,6 руб., (8 шт.), болты – 5,5 руб., (8 шт.), клапан электропневматический – 2600 руб., (2 шт.)

$$C_{\text{пф}} = (1 \cdot 853,7) + (1 \cdot 862) + (1 \cdot 1150) + (8 \cdot 4,6) + (8 \cdot 5,5) + (2 \cdot 2600) = 9000 \text{ руб.}$$

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							66

23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР

Расчет статьи «Основная заработная плата основных производственных рабочих».

Токарно-фрезеровочные работы – 20 н.ч.

Сборочные работы – 10 н.ч.

$$C_{\text{озп}} = \sum t_i S_{\text{чи}}, \quad (3.6)$$

где t_i – нормативная трудоемкость i -ой операции, н.ч;

$S_{\text{чи}}$ – часовая тарифная ставка соответствующего разряда, руб.

$$C_{\text{озп}} = 20 \cdot 250 + 10 \cdot 100 = 6000 \text{ руб.}$$

Расчет статьи «Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих».

$$C_{\text{дзп}} = C_{\text{озп}} K_{\text{дзп}}, \quad (3.7)$$

где $C_{\text{озп}}$ – статья «Основная заработная плата основных производственных рабочих»;

$K_{\text{дзп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (зарплата за фактически неотработанное время, например, отпускные), берется по данным предприятия 40%.

$$C_{\text{дзп}} = 6000 \cdot 0,4 = 2400 \text{ руб.}$$

Расчет статьи «Отчисления во внебюджетные фонды».

$$C_{\text{вбф}} = (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}}) K_{\text{ЕСН}} \quad (3.8)$$

где $C_{\text{озп}}$ – статья «Основная заработная плата основных производственных рабочих»;

$C_{\text{дзп}}$ – статья «Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих»;

$K_{\text{ЕСН}}$ – коэффициент отчислений единого социального налога, определяется государственными постановлениями ($K_{\text{ЕСН}} = 0,34$)

$$C_{\text{вбф}} = (6000 + 2400) 0,34 = 2856 \text{ руб.}$$

Расчет статьи «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования».

$$C_{\text{рсо}} = (A_{(\text{час})\text{Ф}} + Z_{\text{ТОиР}(\text{час})\text{Ф}}) t_{\text{работы Ф}} + (A_{(\text{час})\text{С}} + Z_{\text{ТОиР}(\text{час})\text{С}}) t_{\text{работы С}}, \quad (3.9)$$

где $A_{(\text{час})\text{Ф}}$ – амортизация фрезерного станка;

$Z_{\text{ТОиР}(\text{час})\text{Ф}}$ – затраты на ТО и ремонт фрезерного станка;

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР

$t_{\text{работы Ф}}$ – время работы фрезерного станка;
 $A_{(\text{час})С}$ – амортизация сварочного аппарата;
 $Z_{\text{ТОиР}(\text{час})С}$ – затраты на ТО и ремонт сварочного аппарата;
 $t_{\text{работы С}}$ – время работы сварочного аппарата.
 Амортизации фрезерного станка:

$$A_{(\text{час})Ф} = C_{\text{фрез-го станка}} / (t_{\text{работы}} \cdot 12_{\text{мес}} \cdot 21_{\text{раб.день}} \cdot 8_{\text{ч}} \cdot K_{\text{исп-я}}), \quad (3.10)$$

где $C_{\text{фрез-го станка}}$ – стоимость фрезерного станка $C_{\text{фрез-го станка}} = 2000000$ руб;
 $t_{\text{работы Ф}}$ – время работы фрезерного станка $t_{\text{работы Ф}} = 5$ ч;
 $K_{\text{исп-я}}$ – коэффициент использования оборудования т.е. средняя загрузка оборудования с учетом времени на обслуживание и ремонт $K_{\text{исп-я}} = 70\%$.

$$A_{(\text{час})Ф} = 2000000 / (5 \cdot 12 \cdot 21 \cdot 8 \cdot 0,7) = 283 \text{ руб.}$$

Затраты на на ТО и Р фрезерного станка:

$$Z_{\text{ТОиР}(\text{час})Ф} = A_{(\text{час})Ф} K_{\text{ТОиРФ}}, \quad (3.11)$$

где $A_{(\text{час})Ф}$ – амортизации фрезерного станка;
 $K_{\text{ТОиРФ}}$ – коэффициент на ТО и ремонт фрезерного станка $K_{\text{ТОиРФ}} = 5\%$.

$$Z_{\text{ТОиР}(\text{час})Ф} = 283 \cdot 0,05 = 14 \text{ руб.}$$

$$A_{(\text{час})С} = C_{\text{свароч-го станка}} / (t_{\text{работы}} \cdot 12_{\text{мес}} \cdot 21_{\text{раб.день}} \cdot 8_{\text{ч}} \cdot K_{\text{исп-я}}), \quad (3.12)$$

где $C_{\text{свароч. аппарата}}$ – стоимость сварочного аппарата $C_{\text{свароч. аппарата}} = 15000$ руб;
 $t_{\text{работы С}}$ – время работы сварочного аппарата $t_{\text{работы С}} = 3$ ч;
 $K_{\text{исп-я}}$ – коэффициент использования оборудования т.е. средняя загрузка оборудования с учетом времени на обслуживание и ремонт $K_{\text{исп-я}} = 70\%$.

$$A_{1\text{час.С}} = (15000) / (3 \cdot 12 \cdot 21 \cdot 8 \cdot 0,7) = 3,5 \text{ руб.}$$

Затраты на на ТОиР сварочного аппарата:

$$Z_{\text{ТОиР}(\text{час})С} = A_{(\text{час})С} K_{\text{ТОиРС}}, \quad (3.13)$$

где $A_{(\text{час})С}$ – амортизации сварочного аппарата;
 $K_{\text{ТОиРС}}$ – коэффициент на ТО и ремонт сварочного аппарата $K_{\text{ТОиРС}} = 7\%$.

$$Z_{\text{ТОиР.С}(\text{час})} = 3,5 \cdot 0,07 = 0,25 \text{ примем } 0,5 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{рсо}} = (283 + 14) 3 + (3,5 + 0,5) 0,5 = 893 \text{ руб.}$$

Себестоимость изготовления нового конструктивного элемента:

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР

$$C_{\text{нкэ}} = 169,7 + 9000 + 6000 + 2400 + 2856 + 893 = 21318,7 \text{ руб.}$$

Результаты сведены в таблицу 16.

Таблица 16 – Проектная себестоимость конструктивного элемента

Название статьи	Условное обозначение	Размерность	Числовое значение
сырье и материалы	$C_{\text{см}}$	Руб.	1697
комплектующие со стороны	$C_{\text{пф}}$	Руб.	9000
основная ЗП производственных рабочих	$C_{\text{озп}}$	Руб.	6000
дополнительная ЗП производственных рабочих	$C_{\text{доп}}$	Руб.	2400
отчисления ЕСН	$C_{\text{вбф}}$	Руб.	2856
РСО оборудования	$C_{\text{рсо}}$	Руб.	893
С/С нового элемента	$C_{\text{нкэ}}$	Руб.	21318,7

4.3 Расчет эффективности

При выполнении расчета учтем затраты, которые отличают готовую продукцию с новым агрегатом от базовой модели. В моем случае происходит замена одного конструктивного элемента на другой без изменения сопутствующих затрат, в расчеты включаются лишь затраты на производство новой конструкции.

В результате себестоимость единицы изделия с новым конструктивным элементом определяется как себестоимость базового изделия, скорректированная на все изменения в затратах в связи с заменой старого конструктивного элемента на новый, в качестве базового изделия для сравнения используется то же изделие, что является базовым при производстве, тогда ограничимся расчетом изменения себестоимости готового изделия и соответствующего изменения его цены.

Разница себестоимости конструктивных элементов:

$$\Delta C = C_{\text{нкэ}} - C_{\text{скэ}}, \quad (3.14)$$

где $C_{\text{нкэ}}$ – себестоимость производства нового конструктивного элемента,
 $C_{\text{нкэ}} = 21318,7 \text{ руб.}$
 $C_{\text{скэ}}$ – себестоимость производства старого конструктивного элемента,
 $C_{\text{скэ}} = 12593,5 \text{ руб.}$

$$\Delta C = 21318,7 - 12593,5 = 8725,2 \text{ руб.}$$

Цена грузового автомобиля КАМАЗ-4326 составляет 1850000 руб.

$$8725,2/1850000=0,47\%$$

Показатели экономической эффективности внедрения новой конструкции приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Показатели экономической эффективности

Название статьи	Условное обозначение	Размерность	Числовое значение
цена автомобиля	Ц	Руб.	1850000
себестоимость старого конструктивного элемента	$C_{скэ}$	Руб.	12593,5
себестоимость нового конструктивного элемента	$C_{нкэ}$	Руб.	21318,7
разница себестоимости конструктивных элементов	ΔC	Руб.	8725,2
% от цены		%	0,47%

Вывод по разделу четыре:

В результате внедрения в производство предлагаемой в данной выпускной квалификационной работе конструкции раздаточной коробки себестоимость автомобиля увеличится на 0,47%, при этом достигаются следующие технические преимущества:

1. На дороге с хорошим покрытием водитель может отключать передний мост.
2. Снижение расхода топлива при отключенном переднем приводе до 10%.

Таблица 18 – Характеристика рабочего помещения

Длина, м.	Ширина, м.	Высота, м.	Площадь, м ² .	Объем, м ³ .	Количество окон, шт.	Площадь оконного проема, м ² .	Ориентация оконных проемов	Количество рабочих мест, шт.
4,5	3,5	3	15,75	47,25	1	2,8	ЮГ	3

Оборудование (таблица 19) питается из однофазной сети переменного тока частотой 50Гц, напряжением 220В.

Таблица 19 – Оборудование

Наименование	Количество, шт.
сервер	1
персональный компьютер	3
принтер	1

Показатели условий труда представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Показатели условий труда в рабочей зоне, факт/норма

Название профессии	Категория тяжести работы	Температура, °С		Относит. влажность, %	Скорость воздуха, м/с
1	2	3		4	5
инженер-конструктор	легкая (1а)	холодный период	21-23/ 22-24	48/40-60	0,025/0,1
		теплый период	22-23/ 23-25	50/40-60	0,020/0,1

Продолжение таблицы 20

Освещенность, лк.	Наименование вредного вещества на рабочем месте	Концентрация вредного вещества, мг/м ³	Наименование энергетического воздействия на среду	Уровень энергетического воздействия Напряженность эл. поля (В/м). Плотность магн. потока(нТл)
6	7	8	9	10
380/300	O ₃	0,03/0,1	излучение мониторов	1,8/2,5 В/м 23 нТл/25 нТл

Требования к методикам и средствам измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны:

1) Структура, содержание и изложение методик выполнения измерений концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны соответствовать требованиям, приведенным в [29].

2) Разрабатываемые, пересматриваемые или внедряемые методики выполнения измерений концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны быть аттестованы в соответствии с требованиями [29].

3) Методики и средства должны обеспечивать избирательное измерение концентрации вредного вещества в присутствии сопутствующих компонентов на уровне $\leq 0,5$ ПДК.

4) Границы допускаемой погрешности измерений концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, равных ПДК или более, должны составлять $\pm 25\%$ от измеряемой величины при доверительной вероятности 0,95; при измерениях концентраций ниже ПДК – границы допускаемой абсолютной погрешности измерений должны составлять $\pm 0,25$ ПДК в мг/м^3 при доверительной вероятности 0,95.

От работы компьютера в воздухе рабочей зоны возникают аэроионы. Работа инженера-конструктора относится к лёгкой категории 1-а.

Требования к содержанию аэроионов и вредных химических веществ в воздухе на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ приведены в [23].

Условия труда допустимые, кл. 2:

1) Аэроионный состав воздуха устанавливается в зависимости от процессов ионизации и деионизации.

2) Нормируемыми показателями аэроионного состава воздуха производственных и общественных помещений являются:

– концентрации аэроионов (минимально допустимая и максимально допустимая) обеих полярностей $p+$, $p-$, определяемые как количество аэроионов в одном кубическом сантиметре воздуха (ион/см³);

– коэффициент униполярности Y (минимально допустимый и максимально допустимый) определяемый как отношение концентрации аэроионов положительной полярности к концентрации аэроионов отрицательной полярности.

3) Минимально и максимально допустимые значения нормируемых показателей определяют диапазоны концентраций аэроионов обеих полярностей и коэффициента униполярности, отклонения от которых могут привести к неблагоприятным последствиям для здоровья человека.

4) Значения нормируемых показателей концентраций аэроионов: $p+$ не менее 400; $p-$ не более 50000; отрицательной полярности: $p-$ не менее 600; $p-$ не более 50000; и коэффициента униполярности: $p-$ $0,4 < V < 1,0$.

5) В зонах дыхания персонала на рабочих местах, где имеются источники электростатических полей (видеодисплейные терминалы или другие виды оргтехники) допускается отсутствие аэроионов положительной полярности.

										Лист
										75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР					

$$S_0 = \frac{S E_n K_1 g K_2}{T_0 V 100}, \quad (4.1)$$

где S – площадь помещения, $S = 15,75$ кв.м.;

E_n – нормативное значение КЕО;

K_1 – коэффициент запаса, по [14] принимаем: $K_1 = 1,2$;

g – световая характеристика окон;

K_2 – коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями, т.к. напротив окон нет зданий, принимаем: $K_2 = 1$;

V – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении, благодаря отражению света;

T_0 – общий коэффициент светопропускания.

Нормированные значения КЕО E_N для зданий, располагаемых в различных районах, следует определять по формуле:

$$E_N = e_N m_N, \quad (4.2)$$

где N – номер группы обеспеченности естественным светом (по [4] Челябинской области $N = 1$);

e_N – значение КЕО (по [14] принимаем: $e_N = 3$);

m_N – коэффициент светового климата (по [12] принимаем: $m_N = 1$).

В итоге:

$$E_N = 3 \cdot 1 = 3\%.$$

Значение световой характеристики зависит от следующих соотношений:

1) соотношение длины помещения вдоль окон к ширине:

$$\frac{L}{B} = \frac{4,5}{3,5} = 1,29 \gg 1,5.$$

2) соотношение ширины помещения к возвышению верхнего края окна над горизонтальной рабочей плоскостью:

$$\frac{B}{h} = \frac{3,5}{2,6} = 1,35 \gg 1,5.$$

Исходя из расчетов значение световой характеристики окон g принимаем, равным 12,5.

Общий коэффициент светопропускания T , определяется по следующей формуле:

$$T = T_1 T_2 T_3 T_4, \quad (4.3)$$

									Лист
									77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР				

где E – требуемое значение горизонтальной освещённости, $E = 300$ лк;

K – коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности в процессе эксплуатации за счет загрязнения ламп, для люминесцентных ламп $K = 1,5$;

S – освещаемая площадь, $S = 15,75$ м² ;

Z – отношение средней освещенности к минимальной, для люминесцентных ламп $Z = 1.1$;

N – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Коэффициент η определим по [28]. Для этого необходимо узнать следующие величины: ρ_n – коэффициент отражения потолка; ρ_c – коэффициент отражения стен; I – индекс помещения.

Для потолка белого цвета коэффициент отражения: $\rho_n = 70\%$.

Для стены светлого цвета коэффициент отражения: $\rho_c = 50\%$.

Индекс помещения I рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{S}{h(A + B)}, \quad (4.5)$$

где S – площадь помещения, $S = 15,75$ м²;

h – высота светильника над рабочей поверхностью, $h = 2.7$ м;

A – ширина помещения, $A = 3,5$ м.

B – длина помещения, $B = 4,5$ м.

Расчет числа светильников

Число рядов ламп

$$R_{л} = \frac{A - x}{L}, \quad (4.6)$$

где x – расстояния от края помещения до рядов светильников, принимаем $x = 1$;

A – ширина помещения;

L – расстояние между светильниками.

$$R_{л} = \frac{3,5 - 1}{3} = 0,83.$$

Принимаем что число рядов ламп равно 1.

Число ламп в ряду

$$L_p = \frac{B - y}{L}, \quad (4.7)$$

где B – длина помещения;

y – расстояние от края помещения до первого светильника в ряду.

									Лист
									79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$L_p = \frac{4,5 - 1}{3} = 1,16.$$

Принимаем что число ламп в ряду равно 2.

Число светильников:

$$N = R_{л} L_p, \quad (4.8)$$

где $R_{л}$ – число рядов ламп;

L_p – число ламп в ряду.

$$N = 1 \times 2 = 2$$

В результате:

$$I = \frac{15,75}{2,7(4,5 + 3,5)} = 0,72.$$

По таблице [14] находим коэффициент использования светового потока $\eta = 0,34$.

В результате получаем световой поток:

$$F_{л} = \frac{300 \times 4,5 \times 5,75 \times 1}{2 \times 0,34} = 11465 \text{ лм.}$$

Выбираем по 4 люминесцентные лампы по ГОСТ Р МЭК 61195-99 ЛБ 40, с $F = 3000 \text{ лм.}$

Проверка:

$$\frac{F_{л.расч} - F_{л.гост}}{F_{л.гост}} 100\% = c, \% \quad (4.9)$$

Значение $c, \%$ должно укладываться в диапазон: от -10% до $+20\%$

$$\frac{11465 - 3000 \times 4}{3000 \times 4} 100\% = -4\%$$

Принимаем 2 светильника по 4 лампы в каждом.

Все рабочие столы на предприятии расположены таким образом, что мониторы расположены боковой стороной к окнам. Приборы и оборудование расположено так, что не создает бликов на рабочих поверхностях.

									Лист
									80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР				

Таблица 23 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука рабочего места [21]

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещение программируемых вычислительных машин	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Условия труда допустимые, класс 2 [25].

5.1.7 Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [17].

Рабочее помещение относится к помещениям без повышенной опасности [18], сухое, со средней температурой 22⁰С, влажностью 40–60%, без токопроводящей пыли, с небольшим количеством металлических предметов, пол деревянный.

Питание компьютера и осветительных приборов осуществляется от сети переменного тока частотой 50Гц и напряжением 220В.

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги проявляются в виде электротравм. Степень воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- рода и величины тока;
- величины напряжения;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия электрического тока на организм человека;
- условий внешней среды.

Нормы на допустимые токи и напряжения прикосновения в электроустановках должны устанавливаться в соответствии с предельно допустимыми уровнями воздействия на человека токов и напряжений прикосновения и утверждаться в установленном порядке.

Требования электробезопасности при воздействии электрических полей промышленной частоты по [33].

Электробезопасность должна обеспечиваться:

- конструкцией электроустановок;

- электроизоляционные средства;
- средства индивидуальной защиты.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита при нормальном функционировании электроустановок и при возникновении аварийных ситуаций [33].

Для защиты обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям на предприятии используются:

- 1) Защитное заземление. Заземление оргтехники осуществляется при помощи специальной трехконтактной электророзетки, один из контактов которой соединен дополнительным проводом с заземляющим устройством. Допустимое сопротивление защитного заземления $R_3 \leq 80 \text{ Ом}$ (для $U = 220 \text{ В}$);
- 2) безопасное расположение токоведущих частей;
- 3) изоляция токоведущих частей;
- 4) защитное отключение.

5.1.8 Правила безопасности при работе с компьютером

1) В конструкции электротехнических изделий должны быть предусмотрены средства шумоизоляции и виброзащиты, обеспечивающие уровни шума и вибрации на рабочих местах в соответствии с утвержденными санитарными нормами. Допустимые значения шумовых и вибрационных характеристик электротехнических изделий должны быть установлены в стандартах и технических условиях на конкретные виды и не должны превышать значений, указанных в [21].

2) Изделия, которые создают электромагнитные поля, должны иметь защитные элементы (экраны, поглотители ит.п.) для ограничения воздействия этих полей в рабочей зоне до допустимых уровней.

Требования к этим защитным элементам должны быть указаны в стандартах и технических условиях на конкретные виды изделий. Допускается для ограничения воздействия электромагнитного поля использовать защитные элементы, не входящие в состав изделия.

3) Изделия, являющиеся источником теплового, оптического, рентгеновского излучения, а также ультразвука, должны быть оборудованы средствами для ограничения интенсивности этих излучений и ультразвука до допустимых значений.

Требования к средствам, ограничивающим интенсивность излучений и ультразвука, а также допустимая температура нагрева поверхности внешней оболочки изделия, должны указываться в стандартах и технических условиях на конкретные виды изделий. Допускается для ограничения воздействия излучений использовать защитные элементы, не входящие в состав изделия.

4) Конструкция изделия должна исключать возможность неправильного присоединения его сочленяемых токоведущих частей при монтаже изделий у потребителя.

Конструкция штепсельных розеток и вилок для напряжении выше 42В должна отличаться от конструкции розеток и вилок для напряжении 42В и менее.

Для осуществления соединения при помощи вилки, к розетке должен подключаться источник энергии, а к вилке ее приемник.

3) Высота рабочей поверхности стола должна регулироваться в пределах 680–800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности должна составлять 725 мм.

Пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм, глубиной на уровне колен не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног не менее 650 мм.

Общие эргономические требования к креслу оператора:

Кресло должно обеспечивать человеку соответствующую характеру и условиям физиологически удобную позу, отвечающую критериям функционального комфорта, характеризующуюся:

1) Выпрямленным положением позвоночного столба с сохранением его естественных изгибов;

2) Минимальной нагрузкой на мышечную систему тела, связанной с поддержанием рабочей позы;

3) Отсутствием болезненных ощущений в результате воздействия элементов кресла на тело сидящего человека;

4) Субъективно оцениваемо как удобное;

5) Угол сгибания в локтевых суставах $70^{\circ} - 90^{\circ}$;

6) Угол сгибания ног в коленном и голеностопном суставах $95^{\circ} - 135^{\circ}$.

7) Конструкция кресла не должна затруднять рабочих движений.

Рабочий стол каждого работника в компании имеет размеры не менее 1500 мм в глубину не менее 850 мм. Пространство для ног имеет размеры в высоту 760 мм, ширину не менее 1000 мм, глубину не менее 750 мм. На рабочем столе есть монитор, клавиатура, мышь, записная книжка и канцелярские принадлежности.

Монитор расположен на расстоянии 600 мм от человека. На мониторах установлена оптимальная яркость в соответствии с деятельностью рабочего.

Для сидения используется вращающийся стул с регулируемым наклоном спинки и высотой.

Освещение рабочего места соответствует нормам и рассчитано выше.

Все оборудование и приспособления, используемые при работе оператора, исправны и контролируются на случай неисправностей.

На основании перечисленных характеристик рабочего места можно сделать вывод, что условия работы соответствуют требованиям эргономики.

5.1.10 Напряженность трудового процесса

Напряженность труда это характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника. К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонности нагрузок, режим работы.

Все факторы (показатели) трудового процесса имеют качественную или количественную выраженность и сгруппированы по видам нагрузок: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные, монотонные, режимные нагрузки.

										Лист
										87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР					

5.1.11 Загазованность воздуха

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), используемых при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, для контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций – максимально разовых рабочей зоны (ПДК_{мр.рз}) и средних рабочих зоны (ПДК_{сс. рз}).

В помещении присутствует вредное вещество – озон(O₃) в результате работы принтера. Озон относится к первому классу опасности. Согласно [35] предельно допустимая концентрация (ПДК_{мр.рз}) в воздухе рабочей зоны 0,1 мг/м³. В рабочем помещении эта величина составляет 0,02 мг/м³, что существенно меньше ПДК_{мр.рз}. Условия труда допустимые, класс 2[35].

5.2 Чрезвычайные ситуации

5.2.1 Общие сведения по ЧС

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – Обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей[34].

Различают чрезвычайные ситуации по характеру источника (природные, техногенные, биолого-социальные и военные) и по масштабам (локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные).

Техногенная ЧС – состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Поражающие факторы источников техногенных ЧС по механизму действия подразделяют на факторы:

- 1) физического действия;
- 2) химического действия.

К поражающим факторам физического действия относят:

- 1) воздушную ударную волну;
- 2) волну сжатия в грунте;
- 3) сейсмозрывную волну;
- 4) волну прорыва гидротехнических сооружений;

										Лист
										88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР

щих элементов – R90.[31]

Возможные пожары, которые могут возникнуть в помещении относятся к классу А – горение твердых веществ. При горении твердых веществ, сопровождаемом тлением (например, древесина, бумага, уголь, текстиль) рекомендуется применять воду со смачивателями, хладоны, порошки типа АВСЕ. При горении твердых веществ, не сопровождаемом тлением (каучук, пластмассы) рекомендуется применять все виды огнетушащих средств [31].

Эвакуационные пути обеспечивают безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещениях зданий, через эвакуационные выходы. Рабочее помещение находится на втором этаже здания [24]. Ближайший эвакуационный выход находится в 15-ти метрах от помещения.

Все сотрудники ознакомлены с правилами пожарной безопасности и инструкцией по эксплуатации оборудования.

В рабочем помещении компании в качестве средств пожаротушения используется углекислотный огнетушитель ОУ-3 1шт, расположенный около выхода.

При возникновении пожара и невозможности ликвидировать его самостоятельно персонал офиса эвакуируется по разработанному плану эвакуации, расположенного около выхода.

В рабочем помещении установлена автоматическая пожарная сигнализация (АПС) с дымовым пожарным датчиком. Такой датчик реагирует на появление дыма в комнате. АПС в дополнение к основной функции может запускать систему оповещения людей о пожаре, а также приводить в действие установки автоматического пожаротушения, систему дымоудаления и другую противопожарную автоматику. Это система быстрой и автоматизированной реакции на возникновение очага пожара или задымления обнаруженного пожарными датчиками. Пожарная сигнализация– представляет собой сложный комплекс технических средств, которые служат для своевременного обнаружения возгорания в охраняемой зоне. Телефон для вызова пожарной службы – 01.

5.2.3 Защита персонала при сейсмической активности

При сейсмической активности необходимо немедленно покинуть помещение, отойдя от зданий и сооружений как можно дальше. Если покинуть помещение невозможно, необходимо занять безопасное место: прорезы капитальных стен. После окончания землетрясения – покинуть здание.

5.2.4 Защита персонала при грозе

Для защиты зданий и других сооружений служат молниеотводы представляющие собой тонкий заостренный металлический стержень, который устанавливается на самой высокой точке здания и надежно заземляется.

При грозе необходимо закрыть окна, выключить электрооборудование.

При угрозе чрезвычайной ситуации персонал офиса эвакуируется из помещения по разработанному плану эвакуации и действует в соответствии с дальнейшими указаниями и рекомендациями органа управления по делам ГОЧС.

										Лист
										90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР					

Вывод по разделу четыре

1. По параметрам микроклимата в помещении условия труда оптимальные, класс 1.
2. По уровню звука условия труда допустимые, класс 2.
3. По уровню электромагнитных полей и излучений условия труда допустимые, класс 2
4. Концентрация O_3 в воздухе рабочей зоны не превышает ПДК. Условия труда допустимые, класс 2.
5. По электробезопасности рабочее помещение имеет категорию БПО.
6. По пожарной безопасности помещение имеет степень огнестойкости II, предел огнестойкости для несущих конструкция R90.
7. Нормированная освещенность в рабочем помещении обеспечена люминесцентными лампами со световым потоком 3000лм в количестве 2 по 4 светильника в каждом.

										Лист
										91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР					

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе было рассмотрено улучшение эксплуатационных характеристик автомобиля КАМАЗ-4326 путем модернизации штатной раздаточной коробки. Были рассмотрены варианты усовершенствования конструкции раздаточных коробок, описаны преимущества и недостатки существующих решений.

В конструкторском разделе рассчитаны и построены динамические, тяговые и топливно-экономические характеристики. Также проведен расчет зубчатых колес, валов, подшипников шлицевых соединений. На основе анализа данных полученных в расчете можно сказать, что автомобиль обладает тягово-скоростными характеристиками, типичными для автомобилей данного класса.

В технологическом разделе разработали технологию производства зубчатого колеса, определили тип производства – среднесерийное. Также определили режимы резания и произвели нормирование технологических процессов.

Внедрение в конструкцию раздаточной коробки автомобиля КАМАЗ-4326 конического симметричного дифференциала с блокировкой и муфту отключения переднего привода повлечет увеличение стоимости автомобиля увеличится на 0,47%, при этом достигаются технические преимущества, на дороге с хорошим покрытием водитель может отключать передний мост, что приводит к снижению расхода топлива до 10%.

Проведен анализ рабочего места инженера-конструктора.

Выполнен расчет освещения в рабочем кабинете инженера-конструктора. Расчет показал, что с внедрением новых осветительных приборов показатели освещенности соответствуют нормативным значениям. Дополнительные усовершенствования не требуются. По параметрам микроклимата в помещении условия труда оптимальные, класс 1, по уровню звука условия труда допустимые, класс 2, по уровню электромагнитных полей и излучений условия труда допустимые, класс 2

Дополнительных мер по улучшения пожарной и электрической безопасности не требуется.

Рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации.

										Лист
										92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР					

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Лукин, П.П. Конструирование и расчёт Автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по спец. «Автомобили и Тракторы»/П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Радионов. – М.: Машиностроение, 1984. – 376с., ил.

2 Осепчугов, В.В. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: Учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство»./ В.В. Осепчугов, А.К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 304с.

3 Литвинов, А.С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: Учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство»/ А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1989. – 238 с., ил.

4 Тарасик, В.П. Теория автомобиля: Учебник для вузов. – СПб.:БХВ-Петербург, 2006. – 278с.: ил.

5 ГОСТ 21354-87 Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Расчет на прочность. – М.: Издательство стандартов, 1980. – 29с.

6 Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 12-е изд., стер. – М. Издательский центр «Академия», 2009. – 496 с.

7 Проектирование трансмиссий автомобилей. Справочник / Под общ. ред. А. И. Гришкевича. – М.: Машиностроение, 1984г. – 272с.

8 СТО ЮУРГУ 04-2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56с.

9 Расчет деталей машин: Учебное пособие по курсам «Детали машин и основы конструирования» и «Механика»/Г.Л.Баранов, Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. – 172 с.

10 Курсовое проектирование по технологии машиностроения./Горбацевич, А.Ф. Шкред, В.А. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. шк., 1983. – 256 с., ил.

11 Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. С74 Т.1/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с. : ил.

12 Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 3. – 9-е изд., перераб. и доп./ под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 928 с.

13 Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб. пособие/П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач; Под общ. ред. В.М. Плескача. – К.: Высш. шк., 1991. – 247с.: ил.

14 Ван Флек, Лоренс Х. Теоретическое и прикладное материаловедение/Л.Х.Ван Флек; пер. с англ. О.А.Алексеева. – Москва: Атомиздат, 1975. – 472 с.

15 ГОСТ 12.0.002 Термины и определения. – М.: Стандартинформ – 2016. – 28с.

16 Трудовой кодекс РФ. 10 разделю – М.: Издательство Омега-Л – 2011. – 188с.

17 ГОСТ Р 12.1.009-2009 Электробезопасность. Термины и определения. – М.: Стандартинформ. – 2010. – 35с.

					23.05.01.2019.351 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

