

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт. Автотракторный факультет
Кафедра «Колесные и гусеничные машины»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

_____ П.В. Шаламов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

к.т.н., профессор

_____ В.Н. Бондарь
(подпись)

«__» _____ 2017 г.

Совершенствование механизма включения полного привода колес трехосного
автомобиля повышенной проходимости.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель проекта
к.т.н., доцент

_____ А.В.Разношинская
«__» _____ 2017 г.

Консультант по экономике
Старший преподаватель

_____ С.Ю. Лелекова
«__» _____ 2017 г.

Автор проекта
студент группы П-601

_____ Н.А.Лахтачев
«__» _____ 2017 г.

Консультант по БЖД
к.т.н., доцент

_____ А.В. Кудряшов
«__» _____ 2017 г.

Нормоконтролер
к.т.н., доцент

_____ В.И. Дуюн
«__» _____ 2017 г.

АННОТАЦИЯ

Лахтачев Н.А. Совершенствование механизма включения полного привода колес трехосного автомобиля повышенной проходимости. – Челябинск: ЮУрГУ, П, АТ; 2017, ПЗ – 103 с., 29 ил., библиографический список – 30 наименований, 2 прил., 10 листов чертежей формата А1.

В выпускной квалификационной работе осуществлен анализ отечественных и передовых зарубежных технологий, осуществлен анализ существующих систем распределения мощности, определены их основные недостатки и преимущества. Разработан вариант подключения привода переднего ведущего моста с межосевой и межколесной блокировкой дифференциала автомобиля УРАЛ – 6370 в процессе движения. Определено и обосновано рациональное передаточное отношение межколесного дифференциала.

Выявлены экономические показатели проекта. В разделе БЖД дано описание разрабатываемого автомобиля с точки зрения безопасности.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Лахтачев				Совершенствование механизма включения полного привода колес трехосного автомобиля повышенной проходимости	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Разношинская						3	103
Н. Контр.	Дуюн					ЮУрГУ		
Утверд.	Бондарь					Кафедра «КГМ»		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	9
1.1 Характеристика условий эксплуатации автомобиля УРАЛ – 6370...9	
1.2 Анализ систем управления распределения мощности по колесам...10	
1.2.1 Система полного привода 4Matic.....12	
1.2.2 Система полного привода xDrive.....15	
1.2.3 Система полного привода Quattro.....18	
1.2.4 Подключение полного привода УАЗ.....22	
1.2.5 Трансмиссия УРАЛ – 432024	
1.2.6 Automatic Traction Control (ATC).....25	
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	28
2.1 Назначение и характеристика автомобиля УРАЛ - 6370.....28	
2.2 Оценка эффективности отключения привода одной из ведущих осей.....	32
2.2.1 Описание математической модели33	
2.2.2 Результат моделирования.....36	
2.3 Расчет на прочность и долговечность муфт включения переднего моста в раздаточной коробке.....	38
2.3.1 Описание конструкции и постановка задачи38	
2.4.2 Расчет муфты на изгибную прочность39	
2.5 Расчет на прочность и долговечность муфт включения главной передачи в переднем мосту.....	43

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

2.5.1	Описание конструкции и постановка задачи	43
2.5.2	Расчет муфты на контактную прочность	44
2.5.3	Расчет муфты на изгибную прочность	46
2.6	Расчет на прочность и долговечность муфт блокировки межколесного дифференциала.	48
2.6.1	Описание конструкции и постановка задачи	48
2.6.2	Расчет муфты на контактную прочность	50
2.6.3	Расчет муфты на изгибную прочность	52
2.6.4	Верификация полученных результатов методом конечных элементов	53
2.6.5	Определение изгибной прочности кулачка муфты блокировки дифференциала методом конечных элементов.....	54
2.7	Расчет шлицевого соединения неподвижной полумуфты блокировки межколесного дифференциала и корпуса дифференциала.	56
2.7.1	Описание конструкции и постановка задачи	56
2.7.2	Расчет шлицевого соединения на смятие.....	56
2.8	Расчет шлицевого соединения подвижной полумуфты блокировки межколесного дифференциала и вала дифференциала.....	57
2.8.1	Описание конструкции и постановка задачи	57
2.8.2	Расчет шлицевого соединения на смятие	58
3	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	60
3.1	Введение	60
3.2	Описание детали и ее назначение	61
4	ОРГАНИЗАЦИОННО–ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	67
4.1	Организационный раздел	67
4.2	Экономический раздел	70

4.2.1	Описание конструкции.....	70
4.2.2	Анализ прогрессивности проектируемой конструкции.....	70
4.2.3	Оценка себестоимости проекта	72
4.2.4	Расчёт затрат на изготовление проектируемой детали.....	76
4.2.5	Расчёт себестоимости изделия	79
4.2.6	Оценка коммерческой состоятельности проекта	79
4.2.7	Оценка эффективности инвестиций	80
4.2.8	Технико–экономические показатели инвестиционного проекта	81
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	85
5.1	Условия труда слесаря.....	85
5.2	Основные воздействия на слесаря:	86
5.2.1	Виброакустические факторы, шум	86
5.2.2	Вибрация.....	89
5.2.3	Параметры микроклимата.....	91
5.2.4	Световая среда.....	92
5.2.5	Содержание вредных веществ при обработке металлов	93
5.2.6	Пожарная безопасность.....	94
5.3	Требования безопасности.....	97
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	101

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Графическая часть на 10 листах ф. А1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Спецификации на 12 листах ф. А4

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

Для условий эксплуатации грузовых автомобилей типичным является движение по покрытиям с различной степенью неравномерности распределения сопротивления качению и сцепления, как в поперечном, так и в продольном направлениях. В этих условиях одним из основных путей повышения энергоэффективности и топливной экономичности является совершенствование системы распределения мощности между ведущими колесами путем: отключения некоторых ведущих мостов, введения жесткой кинематической связи, приложения к ним крутящего момента и управления подачей топлива в двигатель.

Не смотря на большой научно–технический задел внесенный учеными и инженерами, вопросы ограничения буксования ведущих колес путем: отключения некоторых ведущих мостов, введения жесткой кинематической связи, приложения к ним тормозного момента и управления подачей топлива исследованы недостаточно.

Существуют проблемы, связанные с построением автоматических систем распределения мощности на базе цифровой техники с учетом особенностей рабочих процессов систем и агрегатов грузовых автомобилей. Выбор рациональной структуры, параметров и построение алгоритмов функционирования таких систем, включающих множество элементов, работа которых основана на различных физических принципах, связаны со значительными трудностями. Современные системы распределения мощности включают механическую часть (ДВС, межколесные и межосевые дифференциалы, тормозные механизмы), пневматическую (тормозные камеры, пневмоцилиндры), электрическую (исполнительные элементы приводов), электронную и микропроцессорную (датчиковая аппаратура, вычислительная часть). При разработке системы ограничения буксования необходим учет особенностей функционирования каждого элемента в отдельности и процессов их взаимодействия и взаимовлияния при движении автомобиля.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Все известные алгоритмы управления построены по принципу отклонения регулируемой величины, т.е. вступают в работу, когда нежелательное событие (например, буксование ведущего колеса) уже произошло. Только после этого идет управляющее воздействие, причем чаще всего методом приближения (т.е. постепенно увеличиваясь), а за это время колесо уже проходит определенное расстояние, дорожные условия под ним меняются, и, следовательно, теряется эффективность управляющего воздействия. Кроме того, в них используются методы пропорционально–интегрально–дифференциального (ПИД), адаптивного, нелинейного или оптимального управления. Для этих методов управления необходимо, чтобы сцепные характеристики колеса с дорогой были известны и не изменялись, а возмущающие факторы были незначительны. Однако параметры, характеризующие взаимодействия колеса с опорной поверхностью автомобиля меняются в зависимости от маршрута движения и нагрузки, другими словами, они различны при различных состояниях дороги. Возникает необходимость в разработке правил оптимального управления при изменении несущей способности грунта.

В связи с этим задача разработки системы распределения мощности в трансмиссиях грузовых автомобилей, определения и исследования закономерностей управления ее элементами и разработка на их основе алгоритма управления, влияющих на повышение энергоэффективности грузовых автомобилей, является весьма актуальной. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы выполнено совершенствование механизма включения полного привода колес трехосного автомобиля повышенной проходимости УРАЛ – 6370.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

1.1 Характеристика условий эксплуатации автомобиля УРАЛ – 6370

В данное время автомобиль УРАЛ – 6370 эксплуатируется во всех районах нашей страны.

Россия отличается от всех других стран исключительным разнообразием климата. На ее территории расположены различные климатические зоны. В районах Крайнего Севера продолжительность зимнего периода составляет 300 дней в году, а температура воздуха минус 50°C . В то же время в южных районах зима как таковая отсутствует, а температура воздуха летом $45\dots 50^{\circ}\text{C}$. Во многих точках Российской Федерации относительная влажность повышается до $95\dots 97\%$.

Величина солнечной радиации на территории страны достигает $1,51$ кал/мин см^2 . Все это способствует снижению эксплуатационной надежности систем, агрегатов и механизмов автомобиля.

Помимо климатических условий на эксплуатацию автомобилей во многом влияет и развитие дорожной сети, а автомобиль УРАЛ является автомобилем повышенной проходимости и может эксплуатироваться в условиях бездорожья.

Машины, эксплуатируемые в полевых условиях подвергаются воздействию атмосферы и поверхностных веществ.

Следует учитывать, что автомобиль также эксплуатируется в армейских условиях, что накладывает на него свой отпечаток и ужесточает ряд предъявляемых к нему требований. В целом данный автомобиль отвечает предъявляемым к нему требованиям о чем говорит его широкое использование в Вооруженных Силах России.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

1.2 Анализ систем управления распределения мощности по колесам

В настоящее время существует большое количество вариантов схем управления распределением мощности подводимой к колесам автомобиля. Рассмотрим существующие варианты схем управления на примере двухосного автомобиля с колесной формулой 4x4. Анализ литературных источников показывает, что можно выделить следующие основные варианты организации распределения мощности : «классическая» полноприводная трансмиссия – full-time имеет три полноценных дифференциала, поэтому такой автомобиль в любых режимах движения имеет привод на все 4 колеса; система Part-time с возможностью механического подключения полного привода и, наконец, система Automatic all-wheel drive, часто обозначаемая как AWD — автоматически подключаемый полный привод. При этом автоматически подключаемый полный привод бывает двух типов, разделяемый по характеру работы: реактивные системы (включающиеся по факту пробуксовки ведущей оси) и превентивные (в которых передача момента на обе оси активируется по сигналу от педали газа). На рисунке представлены различные варианты реализации систем привода мощности к колесам автомобиля.

При эксплуатации на дорогах с твёрдым покрытием необходима изменяемая степень блокировки дифференциала (речь сейчас в основном про межосевой дифференциал) в зависимости от условий движения. А вот на бездорожье можно передвигаться хоть с полностью заблокированными всеми тремя дифференциалам.

В трансмиссии Full-time присутствует три дифференциала FD, RD и CD. А в part-time межосевой дифференциал CD отсутствует и его заменяет механизм жесткого подключения второй оси вручную.

В соответствии с принятыми на рисунке 1.1 обозначениями вариантов управления трансмиссией: представлена полноприводная схема типа full-time с тремя дифференциалами (межосевым, передним межколесным, задним межколесным) и их блокировкой с использованием гидромеханических муфт; на позиции; представлен вариант в котором блокировка между осями осуществляется с использованием вискомуфт; вариант в котором межосевой

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Одновременно с этим появилось отдельное направление механически подключаемого полного привода (Part-time). У такой схемы полностью отсутствует межосевой дифференциал, а на его месте находится механизм подключения второй оси. Такая трансмиссия обычно применяется на недорогих внедорожниках и пикапах. В результате, на дорогах с твёрдым покрытием такой автомобиль может эксплуатироваться только с приводом на одну ось.

В трансмиссии межосевой дифференциал отсутствует, из коробки передач выходит два вала, один на переднюю ось (со своим дифференциалом), другой — на заднюю, к муфте.

Следует помнить, что для максимально эффективной полноприводной трансмиссии (независимо от того, full-time это или a-awd) требуется наличие переменной блокировки межосевого дифференциала (муфты) в зависимости от дорожных условий. Для этого существует несколько способов. Самые популярные из них: вязкостная муфта, шестерёнчатый самоблокирующийся дифференциал, электронное управление блокировкой.

1.2.1 Система полного привода 4Matic

Система полного привода 4Matic является разработкой Mercedes-Benz. Трансмиссия автомобилей с системой 4Matic имеет только автоматическую коробку передач[7].

История системы полного привода 4Matic включает три поколения:

1) поколение с 1986 года E-класс (тип 124). Полный привод подключаемый автоматически, механические блокировки межосевого и заднего межколесного дифференциалов, управление приводом с помощью двух гидравлических муфт, при срабатывании системы ABS отключение полного привода.

2) поколение с 1997 года E-класс (тип 210). Постоянный полный привод, межосевой и межколесные дифференциалы свободного типа, блокировка межколесных дифференциалов симулируется с помощью системы контроля тягового усилия.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

3) поколение с 2002 года С–класс (тип 203), Е–класс (тип 211), S–класс (тип 220). Постоянный полный привод, межосевой и межколесные дифференциалы свободного типа, контроль за движением с помощью системы курсовой устойчивости, включающей систему контроля тягового усилия.

Система полного привода 4Matic последнего поколения, представленная на рисунке 1.2, включает автоматическую коробку передач, раздаточную коробку, карданные передачи привода передней и задней оси, главную передачу и межколесный дифференциал передней и задней оси, приводные валы с шарнирами равных угловых скоростей, полуоси задних колес.

Центральным конструктивным элементом системы 4Matic является раздаточная коробка, которая осуществляет бесступенчатое распределение крутящего момента по осям автомобиля. Раздаточная коробка объединяет сдвоенный планетарный редуктор, цилиндрические шестерни, а также приводные валы.

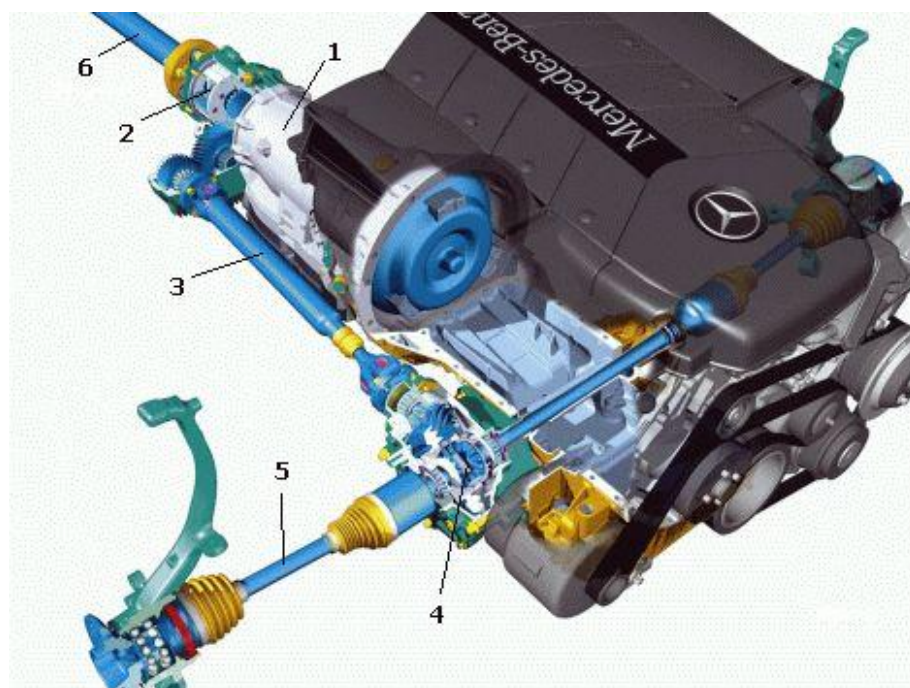


Рисунок 1.2 – Схема системы полного привода 4Matic

1 — автоматическая коробка передач; 2 — раздаточная коробка; 3 — карданная передача привода передней оси; 4 — главная передача и передний межколесный дифференциал; 5 — приводные валы с шарнирами равных угловых скоростей; 6 — карданная передача привода задней оси

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР

Лист

13

Система ETS (Electric Traction System) по конструкции аналогична электронной блокировке дифференциала. При срабатывании система симулирует блокировку межколесных дифференциалов путем подтормаживания буксующих колес. При этом крутящий момент на колесе с лучшим сцеплением увеличивается, чем достигается уверенный разгон с места, ускорение на дорогах с плохим покрытием, т.е., устойчивое управление автомобилем в сложных условиях.

1.2.2 Система полного привода xDrive

Данная система полного привода была разработана концерном BMW и её можно отнести к системам постоянного полного привода. В зависимости от условий движения система может обеспечивать бесступенчатую, переменную и непрерывную передачу крутящего момента. Эта система устанавливается на спортивных внедорожниках и легковых автомобилях[7].

Насчитывается четыре поколения системы xDrive автомобилей BMW:

—первое поколение устанавливалось с 1985 года, отношение передаваемого крутящего момента 37:63, имелась блокировка межосевого дифференциала и заднего межколёсного вискомуфтой.

—второе поколение устанавливалась с 1991 года, передаваемый крутящий момент в соотношении 36:64. Блокировка межосевого и заднего межколёсного дифференциалов многодисковой муфтой. Возможно перераспределение крутящего момента между осями от 0 до 100%.

—третье поколение с 1999 года, распределение крутящего момента в соотношении 38:62. Применялись межосевой и межколёсные дифференциалы свободных типов, возможно взаимодействие системы с системой курсовой устойчивости.

—четвёртое поколение с 2003 года, крутящий момент распределяется в соотношении 40:60. Возможно перераспределение крутящего момента между осями от 0 до 100%, электронная блокировка дифференциалов, взаимодействует с системой курсовой устойчивости.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

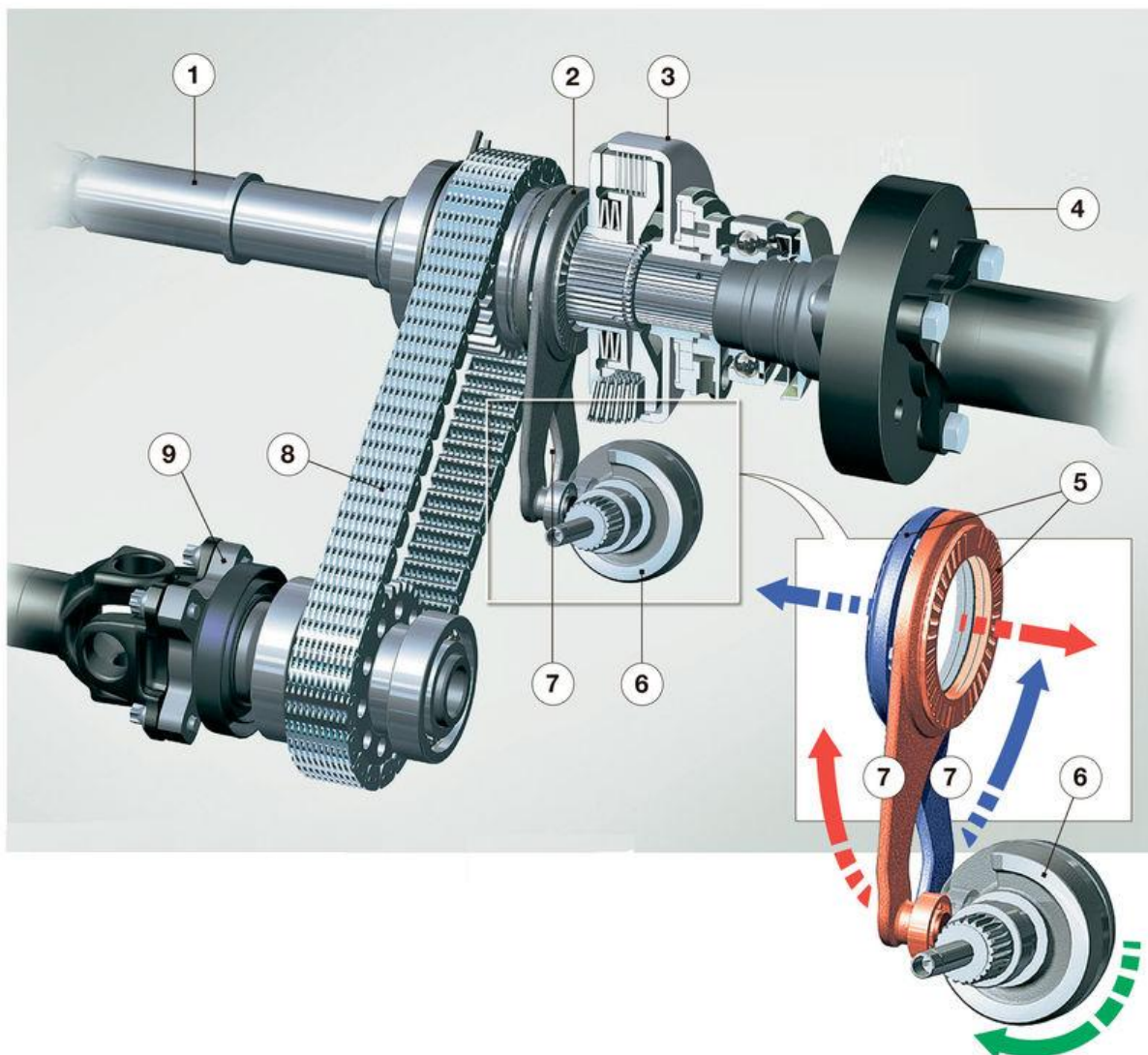


Рисунок 1.5 – Конструкция раздаточной коробки xDrive с цепным приводом
 1 — входной вал от коробки передач; 2 — главный рычаг с разжимным механизмом; 3 — многодисковая муфта; 4 — выходной вал к задним колесам; 5 — разжимной механизм; 6 — управляющий диск серводвигателя; 7 — плечи рычага; 8 — цепь; 9 — выходной вал к передним колесам

xDrive взаимодействует с системой курсовой устойчивости DSC. Также система включает в себе электронную блокировку дифференциалов, системы контроля тяги DTC и помощи при спуске HDC.

Взаимодействие xDrive и DSC обеспечивается системой интегрального управления ходовой частью ICM, также ею обеспечивается связь с системой активного рулевого управления AFS.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР

Лист

17

Работа системы xDrive определяется алгоритмом работы фрикционной муфты. Система имеет следующие режимы:

Старт BMW с места – если условия нормальные, то фрикционная муфта замкнута, распределение крутящего момента в соотношении 40:60, это позволяет развить максимальную тягу при разгоне. При достижении 20 км/ч крутящий момент начинает распределяться в зависимости от условий движения.

Езда с избыточной поворачиваемостью (занос задней оси) – муфта замкнута с большей силой, на переднюю ось передаётся больше крутящего момента, BMW начинает вести себя как переднеприводный автомобиль.

Езда с недостаточной поворачиваемостью (снос передней оси внутрь поворота) – муфта размыкается, на заднюю ось передаётся до 100% крутящего момента, если необходимо включается в работу система курсовой устойчивости.

Езда по скользким покрытиям – муфта блокируется, это предотвращает пробуксовку колёс, при необходимости включается система курсовой устойчивости.

1.2.3 Система полного привода Quattro

Система полного привода quattro является системой постоянного полного привода, в которой крутящий момент постоянно передается на все колеса автомобиля. С 1980 года название quattro используется автопроизводителем Audi для обозначения системы полного привода своих автомобилей. Отличительной особенностью системы quattro является продольное расположение двигателя и элементов трансмиссии, которое характерно для большинства автомобилей Audi[7].

Несмотря на различия в конструкции систем конкретных автомобилей, система quattro (Рисунок 1.6) включает следующие традиционные элементы полноприводной трансмиссии: коробку передач, раздаточную коробку, карданную передачу, главную передачу и межколесный дифференциал на каждой оси.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Передача крутящего момента на заднюю ось осуществляется с помощью карданной передачи, состоящей из двух валов, трех шарниров равных угловых скоростей и одной промежуточной опоры.

Главная передача и задний межколесный дифференциал выполнены в отдельном картере. В разное время в системе quattro использовались следующие конструкции задних дифференциалов:

С 1981 года – свободный дифференциал с механической блокировкой (ручной или электропневматической);

С 1988 года – самоблокирующийся симметричный дифференциал Torsen (Audi V8);

С 1995 года – свободный дифференциал с электронной блокировкой.

Вал привода передней оси обеспечивает передачу крутящего момента от раздаточной коробки к главной передаче и межколесному дифференциалу передней оси. Он помещен в отдельный кожух. На последних моделях автомобилей Audi, оснащенных системой quattro, коробка передач, раздаточная коробка, вал привода, главная передача и дифференциал передней оси объединены в одном корпусе.

В качестве переднего межколесного дифференциала используется свободный дифференциал, к которому с 1995 года добавлена функция электронной блокировки дифференциала.

На автомобилях Audi с поперечным расположением двигателя (Audi A3/S3, Audi TT, Audi Q3) используется система полного привода подключаемого автоматически, аналогичная системе 4Motion с фрикционной муфтой Haldex.

Перспективная версия системы полного привода от Audi основана на использовании гибридной силовой установки и носит название E-tron quattro (Рисунок 1.8).

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

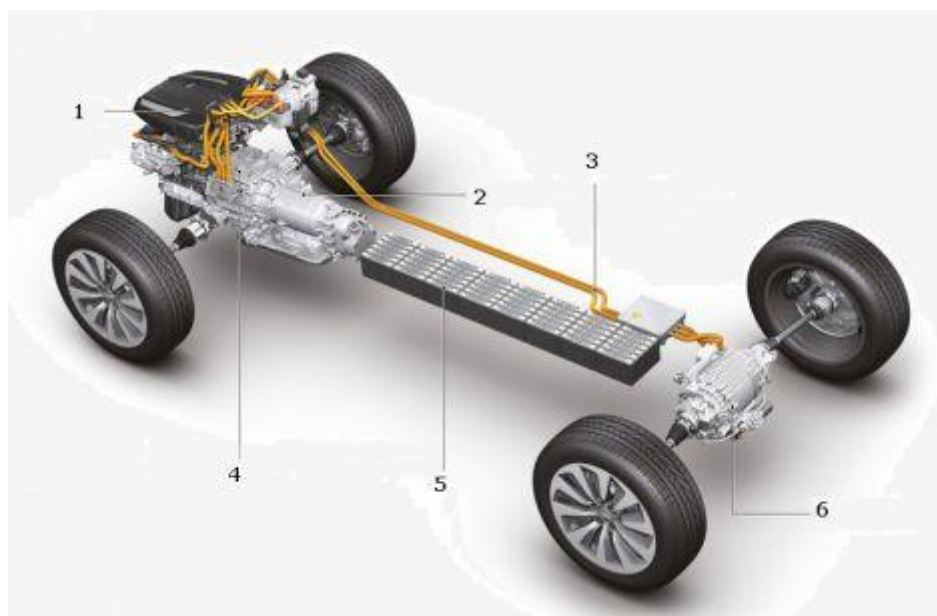


Рисунок 1.8 – Схема системы полного привода E-tron quattro

1 — двигатель внутреннего сгорания; 2 — коробка передач; 3 — кабель высокого напряжения; 4 — электродвигатель; 5 — высоковольтная аккумуляторная батарея; 6 — задний мост с электрическим приводом

Конструктивно система E-tron quattro включает в дополнение к двигателю внутреннего сгорания и коробке передач два электродвигателя – мощностью 33 кВт на передней оси и 60 кВт – на задней. При этом задняя ось имеет только электрический привод. Питание электродвигателей осуществляется от литий-ионной аккумуляторной батареи, установленной в центральном тоннеле автомобиля.

1.2.4 Подключение полного привода УАЗ

На автомобилях УАЗ полный привод (Part-time). Схема Part-time это трансмиссия с жестко подключаемым передним мостом, при отсутствии межосевого дифференциала (Рисунок 1.9).

Несмотря на всю привлекательность подобного решения оно имеет множество минусов. Полный привод, подразумевающий ручное подключение, как уже говорилось, не всегда может быть включен именно тогда, когда в нем действительно есть потребность.

1.2.5 Трансмиссия УРАЛ – 4320

Автомобиль УРАЛ – 4320 один из представителей классической трансмиссии трехосных полноприводных грузовиков (рисунок 1.10).

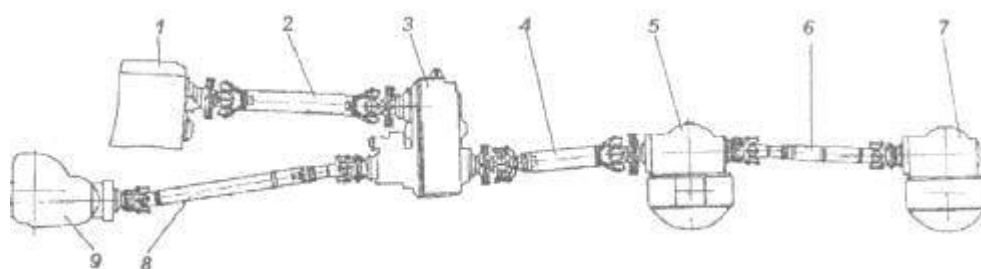


Рисунок 1.10 – Схема трансмиссии УРАЛ – 4320

1 — коробка передач, 2 — основной карданный вал, 3 — коробка раздаточная, 4 — карданный вал привода среднего моста, 5 — средний мост, 6 — карданный вал привода заднего моста, 7 — задний мост, 8 — карданный вал привода переднего моста, 9 — передний мост

У автомобиля УРАЛ – 4320 постоянный дифференциальный привод на все три моста. Крутящий момент в раздаточной коробке распределяется несимметричным цилиндрическим дифференциалом в соотношении 33% на переднюю ось, 67% на заднюю тележку. В мостах установлен межколесный симметричный дифференциал малого трения.

В случае необходимости блокировка межосевого дифференциала происходит на остановленном автомобиле в ручном режиме. При переключении тумблера на панели приборов автомобиля, открывается электропневмоклапан. В камеру привода блокировки дифференциала, подается воздух под давлением, который воздействует на поршень. Вилка передвигает шлицевую муфту, дифференциал

блокируется. Аналогично происходит процесс блокировки межколесных дифференциалов.

Преимущества данной конструкции является ее относительная простота и дешевизна. Однако, как и в системе подключения полного привода автомобиля УАЗ, слабым звеном в системе будет являться неопытный водитель, а также необходимость полной остановки транспортного средства для блокировки дифференциала.

1.2.6 Automatic Traction Control (ATC)

Система АТС разработана компанией Vovlo и устанавливается на карьерные самосвалы FMX (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Карьерный самосвал Volvo FMX

Принцип работы системы заключается в том, что датчики АБС в колесах задней тележки определяют значения буксования колес ведущих осей, сообщают показания ЭБУ. В случае, если электронный блок управления определяет превышение значение буксования выше допустимой, кулачковая муфта в раздаточной коробке (рисунок 1.12) подключает передний мост. Он остается подключенным до тех пор, пока водитель не отпустит педаль изменения подачи топлива и не восстановится сцепление колес с дорогой.

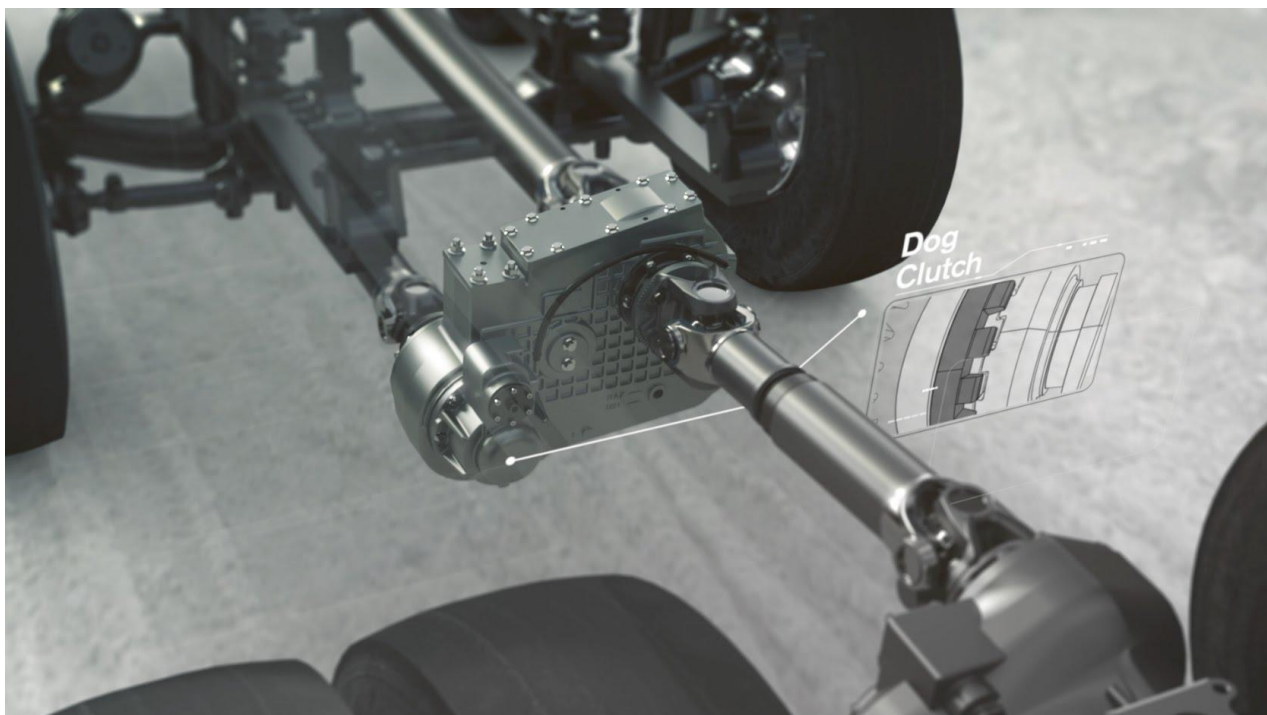


Рисунок 1.12 – Раздаточная коробка Volvo FMX

Испытания проведенным специалистами Volvo (с подбором условий, аналогичных тем, которые встречаются на дорогах) показали, что передний привод можно не включать примерно в 95% случаев. Тем самым можно уменьшить расход топлива на 2%.

Выводы по разделу один

В аналитической части выпускного квалификационной работы был проведен анализ основных систем управления распределения мощностью по колесам автомобиля некоторых отечественных и зарубежных автомобилей.

УРАЛ – 6370 перспективный автомобиль, который эксплуатируется в самых различных дорожных условиях от твердого асфальта до бездорожья. Поэтому, для получения максимальной эффективности иногда необходимо осуществлять блокирование дифференциала, а иногда отключать часть ведущих мостов.

В настоящее время, наибольшее распространение автоматические средства управления распределения мощности в трансмиссии получили легковые

автомобили. На грузовых автомобилях, несмотря на эффективность систем автоматического подключения полного привода и блокировки дифференциалов, преобладающее число машин обладают классической трансмиссией.

Системы блокировки дифференциалов в данных трансмиссиях состоят из: исполнительных механизмов – зубчатых муфт, командных органов – электропневматических клапанов и приводов управления. Отключение полного привода, предусмотрено в редких случаях, и практически всегда только в раздаточной коробке. Управление системами происходит вручную, что создает сложность в определении момента времени, когда объективно целесообразно вносить изменения в распределение мощности между колесами транспортного средства.

В настоящее время, единственный грузовой автомобиль с системой автоматического распределения мощности, является Volvo FMX. Эксплуатация автомобиля в реальных условиях, показала эффективность применения данной системы.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Продолжение таблицы 2.1

Весовые параметры и нагрузки	
нагрузка на заднюю тележку, кг	8000
Грузоподъемность автомобиля, кг	18700
Полная масса, кг	34490
нагрузка на передний мост, кг	7490
нагрузка на заднюю тележку, кг	26000
Двигатель:	
Модель	ЯМЗ-652 (Евро-3)
Тип	дизельный с турбонаддувом, с охлаждением наддувочного воздуха
Номинальная мощность, нетто, кВт(л.с.) / при частоте вращения коленчатого вала, об/мин	301 (409)
Номинальная мощность, брутто, кВт(л.с.)	303(412)
при частоте вращения коленчатого вала, об/мин	1900
Максимальный крутящий момент, нетто, Нм (кгсм)	1865(190,5)
при частоте вращения коленвала, об/мин	1100–1400
Расположение и число цилиндров	Л6(рядный шестицилиндровый)
Рабочий объем, л	11,12
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	123/156
Степень сжатия	16,4

Продолжение таблицы 2.1

Система питания:	
Вместимость топливных баков, л	500
Электрооборудование:	
Напряжение, В	24
Аккумуляторы, В/Ачас	2x12/190
Генератор, В/Вт	28/2000
Сцепление:	
Тип	«Sachs MFZ-430»: фрикционное, сухое, однодисковое, с диафрагменной пружиной
Привод	гидравлический с пневмоусилителем
Коробка передач:	
Модель	ZF-16S2220TD
Тип	механическая, шестнадцатиступенчатая
Управление	механическое, дистанционное
Передаточные числа на передачах:	1–13,86; 2–11,56; 3–9,52; 4–7,96; 5–6,56; 6–5,48; 7–4,58; 8–3,83; 9–3,02; 10–2,53; 11–2,08; 12–1,74; 13–1,43; 14–1,20; 15–1,00; 16–0,84; 3X1–12,97; 3X2–10,85
Главная передача:	
Тип	двойная, с центральной конической передачей и планетарными колёсными передачами
Передаточное отношение	6,135
Тормоза:	
Привод	пневматический
Диаметр барабана, мм	420
Ширина тормозных накладок, мм	180
Суммарная площадь, см ²	7200

Окончание таблицы 2.1

Раздаточная коробка:	
Тип	механическая, «ZF-VG2000», двухступенчатая с блокируемым межосевым дифференциалом
Управление	пневматическое
Передаточные числа:	первая передача (низшая) – 1,536 вторая передача (высшая) – 0,89
Колеса и шины:	
Тип колес	Дисковые
Тип шин	пневматические, камерные
Размер обода	11,25–20
Размер шин	16.00 R20
Кабина:	
Тип	расположенная над двигателем, с высокой крышей, двухместная
Исполнение	оснащенная спальным местом
Самосвальная платформа:	
Объем платформы, м ³	12
Направление разгрузки	Назад
Угол подъема платформы, град	50
Характеристика а/м полной массой 34500 кг:	
Максимальная скорость, не менее, км/ч	80
Угол преодолеваемого автомобилем полной массы, %, не менее	25(14)

2.2 Оценка эффективности отключения привода одной из ведущих осей

Для самосвалов повышенной проходимости свойственна эксплуатация при различных дорожных условиях, будь то асфальт, грунтовая дорога или песок.

Механические потери мощности в автомобиле происходят на всех этапах ее передачи. Однако, мощность затрачиваемую на преодоление сопротивления движению можно снизить, путем выбора оптимальной схемы привода ведущих колес. Тем самым, повысить эффективность транспортного средства.

Величина мощности затрачиваемой на сопротивление качению может значительно возрастать в различных дорожных условиях. При этом, затраты на качение ведущего колеса отличны от затрат на качение ведомого колеса. Связано это с тем, что к потерям (которые в равной мере присутствуют у ведомого колеса) добавляются затраты на внешнее скольжение. Оно в свою очередь зависит от крутящего момента, подведенного к колесу. С целью уменьшения крутящего момента на колесе, при сохранении тягового усилия автомобиля, требуется увеличить число ведущих колес. Также, кроме потерь на проскальзывание ведущих колес относительно опорной поверхности, следует учитывать мощность, необходимую для вращения агрегатов дополнительного ведущего моста и привода к нему. При этом потери в трансмиссии увеличиваются с увеличением числа ведущих колес, а потери на проскальзывание ведущих колес относительно опорной поверхности уменьшаются с увеличением числа ведущих колес.

Получение достоверных данных о потерях энергии при движении автомобиля, возможно путем проведения экспериментов. Вместе с тем, проведение экспериментов требуют значительных финансовых расходов. В связи с чем, в настоящее время, исследователи применяют метод имитационного моделирования. Математические модели позволяют получить необходимые характеристики транспортного средства без каких-либо экспериментов на этапе проектирования, чем активно пользуются автопроизводители на протяжении многих лет.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

2.2.1 Описание математической модели

Нами была использована математическая модель Келлера А.В. для оценки повышения эффективности распределения мощности между ведущими колесами[5].

Для получения достоверных результатов динамических процессов транспортного средства математическая модель должна включать описание всех основных систем автомобиля с реальных параметров предмета исследования.

Созданная математическая модель позволяет реализовывать процессы движения автомобиля для всех требуемых режимов движения с учетом динамики основных узлов автомобиля и его подсистем.

Агрегаты трансмиссии, условий движения оказывают влияние на кузов грузового автомобиля. Запишем уравнения для движения кузова автомобиля:

$$\begin{cases} \dot{\omega} = T_1 - \frac{G_s h_{\text{COG}} \lambda (\dot{V}_x - \dot{V}_y \omega)}{J_z} \\ \dot{V}_x = V_y \omega + T_2 \\ \dot{V}_y = V_x \omega + T_3 \end{cases} \quad (2.1)$$

$$T_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^2 R_{y12}^i a + \sum_{i=1}^2 R_{y2}^i b_2 + \sum_{i=1}^2 R_{y3}^i b_3 + 0,5 \left(R_{x1}^{\text{right}} + R_{x1}^{\text{left}} \right) B_1 \right]}{J_z} \quad (2.2)$$

$$T_2 = \frac{\sum_{j=2}^3 \sum_{i=1}^2 R_{xj}^i}{G} \quad (2.3)$$

$$T_3 = \frac{\sum_{j=2}^3 \sum_{i=1}^2 R_{yj}^i}{G} \quad (2.4)$$

где

$\dot{\omega}$ – скорость поворота транспортного средства, рад/с;

G_s – общая подрессоренная масса, Н;

G – масса транспортного средства, Н;

h_{COG} – высота до центра тяжести, м;

λ – угол крена, % ;

V_x – скорость в продольном направлении, м/с;

V_y – скорость в поперечном направлении, м/с;

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

J_z – момент инерции кузова, кг·м²;

R_x – продольная реакция колеса, Н;

R_y – поперечная реакция колеса, Н;

a – расстояние между передней осью и центром тяжести, м;

b_2 – расстояние между центром тяжести и средним мостом, м;

b_3 – расстояние между центром тяжести и задним мостом, м;

B_2 – ширина передней колеи, м;

B_3 – ширина задней колеи, м.

«Модель водителя» включает в себя набор логических элементов. Она решает следующие задачи: регулирование положения дроссельной заслонки, педали сцепления, педали тормоза, выбор номера передачи КПП и угла поворота рулевого колеса.

Силовой агрегат и трансмиссия представляют из себя: двигатель, характеристика которого зависит от положения рейки управления подачей топлива, с возможностью оценки топливной экономичности; модель сцепления, включение/выключение регулируется педалью сцепления; модель 16–ти ступенчатой, синхронизированной КПП и раздаточной коробки, с несимметричным блокируемым дифференциалом и возможностью отключения переднего моста, а также ведущие мосты с симметричными межколесными дифференциалами и симметричный блокируемый межосевой дифференциал среднего и заднего моста.

Модель подвески переднего моста и модель балансирной подвески задней тележки учитывает динамику рабочего процесса неразрезного моста, гасят колебания несущей системы и передаёт на нее силы и моменты, возникающие при взаимодействии колёс с дорогой. Встроенная модель шин обеспечивает взаимодействие колеса с деформируемой опорной поверхностью, а зависимость коэффициент сцепления от буксования представляет собой гиперболическую функцию.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Разработанная модель позволила нам оценить эффективность распределения мощности грузового автомобиля со схемой привода 6х6 и 6х4 по отношению мощностей сопротивления движению:

$$K_{\text{эф}} = \frac{N_{6x4}}{N_{6x6}}, \quad (2.5)$$

где

N_{6x4} – общая мощность сопротивления движению автомобиля со схемой 6х4,Вт;

N_{6x6} – общая мощность сопротивления движению автомобиля со схемой 6х6,Вт;

Основными условиями работы карьерных самосвалов, являются спуски и подъемы по дорогам разного уровня уклона и разными опорно–сцепными свойствами, а также развороты и повороты на значимые углы. Полное описание сценариев моделирования в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Сценарии моделирования.

Подъём по склону дороги	
Масса перевозимого груза, Т	19,5; 9,725; 0
Колесная формула	6х6; 6х4
Угол преодолеваемого подъема, %	до 40
Дорожные условия	Асфальтобетонная дорога; Грунтовая дорога: сухая укатанная, после дождя; Сухой песок
Положение рейки управления подачей топлива	Полная подача

2.2.2 Результат моделирования

В результате моделирования движения по участкам дороги с различным типом покрытия и уклона, были получены зависимости коэффициента эффективности распределения мощности от буксования колес и массы перевозимого груза.

В ходе анализа полученных результатов было определено пороговое значение буксования колес задней тележки автомобиля, движущегося с «отключённым» передним мостом, при котором целесообразен переход на полноприводную схему распределения мощности.

Исходя из вышеизложенного, предлагается повысить энергоэффективности и топливную экономичность грузовых автомобилей путем применения автоматической системы подключения полного привода.

При движении автомобиля непрерывно контролируются скорость движения и угловые скорости ведущих колес. Блок управления определяет буксование ведущих колес по выражению:

$$\delta = \frac{\omega r_d - v}{v} \quad (2.6)$$

где

ω – угловая скорость колеса, рад/с;

r_d – динамический радиус колеса (задается по умолчанию), м;

v – продольная скорость автомобиля, м/с.

В результате моделирования при скорости 90 км/ч потери мощности при отключение главной передачи составляет 817 Вт, при включенной главной передачи потери составляют 3247 Вт. Снижение потерь мощности при отключение главной передачи составляют 2430 Вт, что составляет около 2,5% мощности необходимой для движения автомобиля по асфальту с постоянной скоростью 70 км/ч. Из чего можно сделать вывод об необходимости отключения главной передачи при выключение переднего моста.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Привод управления включения переднего моста и блокировкой межколесного дифференциала электропневматический. Подача воздуха в пневмокамеру механизма включения осуществляется от электропневмоклапана.

При движении по скользким или размокшим грунтовыми дорогам для предотвращения буксования колес автомобиля периодически отключают передний ведущий мост при легких условиях движения и вводят жесткую кинематическую связь посредством предварительного выравнивания угловых скоростей блокируемых элементов с корректировкой кинематического несоответствия путем регулирования давления воздуха в шинах. При этом граничным условием включения ведущего моста в работу является превышение потерь на проскальзывание в работающих колесах над потерями мощности в ведущем мосту. Включение в работу переднего моста происходит при движении с буксованием более 10%. При выключенном приводе переднего моста, центральная главная передача остановлена, в связи с чем увеличивается ее ресурс.

В ходе проведения имитационного моделирования движения транспортного средства различной массы по различным грунтам и уклонам дорог были получены данные согласно которым повышение топливной эффективности конкретного автомобиля происходит при включении переднего моста, когда буксование колес задней оси превышает около 10%. Это связано с тем, что при превышении порогового значения буксования потери на буксовании колес передней оси начинают превышать потери мощности в переднем мосту.

На основании проведенного сравнительного анализа движения автомобиля в различных условиях предлагаем выбрать для раздаточной коробки механизм автоматического отключения переднего моста и несимметричный дифференциал с автоматической блокировкой, а также для ведущего моста механизм автоматического отключения главной передачи и блокировки межколесного дифференциала.

Применение системы отключения полного привода и автоматической блокировки межколесных и межосевых дифференциалов на автомобиле–самосвале УРАЛ–6370 позволяет снизить расход топлива, увеличить ресурс главной передачи

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

переднего моста, повысить проходимость и исключить занос автомобиля, а также облегчить работу водителя.

2.3 Расчет на прочность и долговечность муфт включения переднего моста в раздаточной коробке.

2.3.1 Описание конструкции и постановка задачи

Общий вид конструкции разрабатываемой детали представлен на рисунке 2.2. Кулачковая муфта включения переднего моста работает по принципу жесткой кинематической связи, соединяя вал привода переднего моста и вал межосевого дифференциала.

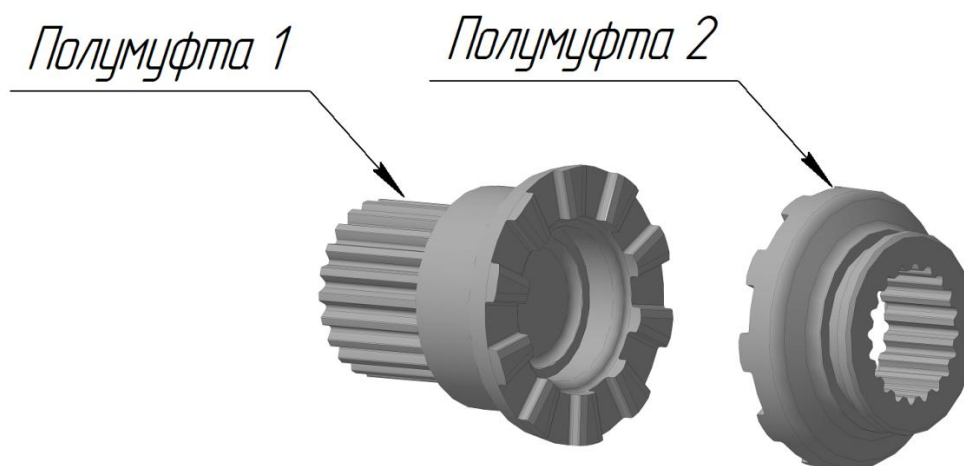


Рисунок 2.2 – Общий вид муфты включения переднего моста

Расчет муфты включения переднего моста будем проводить на прочность кулачка при изгибе. На основе имитационного моделирования движения автомобиля УРАЛ, описанного во второй главе, в момент подключения переднего моста, автомобиль разгоняется на включенной первой передаче КПП, крутящий момент на муфте подключения переднего моста значительно ниже момента на муфте включения главной передачи (Рисунок 2.4), поэтому расчет на контактную прочность кромок кулачков проводить не будем.

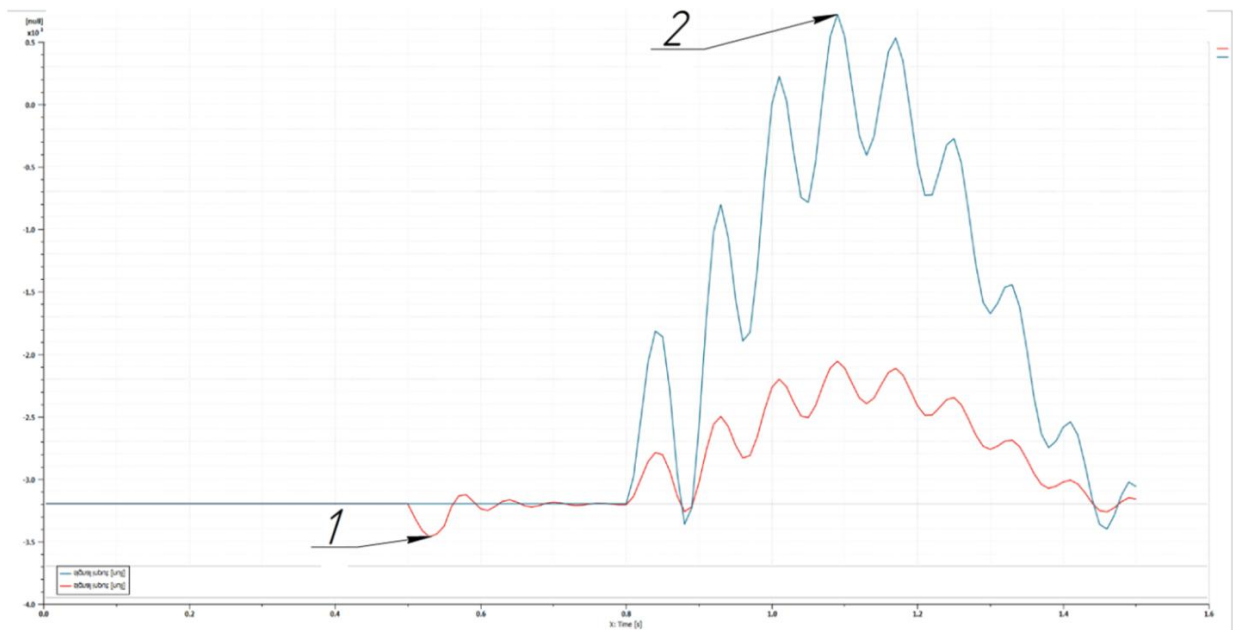


Рисунок 2.3 – Крутящий момент на муфтах подключения переднего моста

1 – крутящий момент на муфте подключения переднего моста в раздаточной коробке в момент подключения, 266,9Нм; 2 – крутящий момент на муфте подключения главной передачи в переднем мосту в момент подключения, 3918,2Нм

2.4.2 Расчет муфты на изгибную прочность

Муфта включения переднего моста наибольшую нагрузку воспринимает во включенном состоянии, поэтому рассчитаем полумуфт исходя из условий изгибной прочности. Исходные данные для расчета приведены в таблице 2.3. Материал – сталь 40ХС, характеристики материала приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.3 – Исходные данные для расчета муфты подключения переднего моста

Параметр	Величина
Материал муфты	40ХС
Внешний радиус муфты ($r_{внеш}$), м	0,0555
Внутренний радиус муфты ($r_{внут}$), м	0,0365
Радиус скругления кромки кулачка ($r_{кр}$), м·10 ⁻³	0,80
Число кулачков муфты (n)	10,0
Рабочая ширина зуба (b_w), м·10 ⁻³	16,21
Ширина зуба в опасном сечении (S_I), м·10 ⁻³	11,16
Высота зуба (h), м·10 ⁻³	6,00
Коэффициент неравномерности распределения нагрузки между зубьями и по ширине зуба (K)	2,00

Таблица 2.4 – Характеристики материала

Материал	Модуль упругости Е, Па	Коэффициент Пуассона, μ	Плотность, кг/м ³	Предел текучести, Па	Предел прочности, Па	Предел выносливости, Па
Сталь 40ХС	2·10 ¹¹	0.3	7800	1670·10 ⁶	1960·10 ⁶	1449·10 ⁶

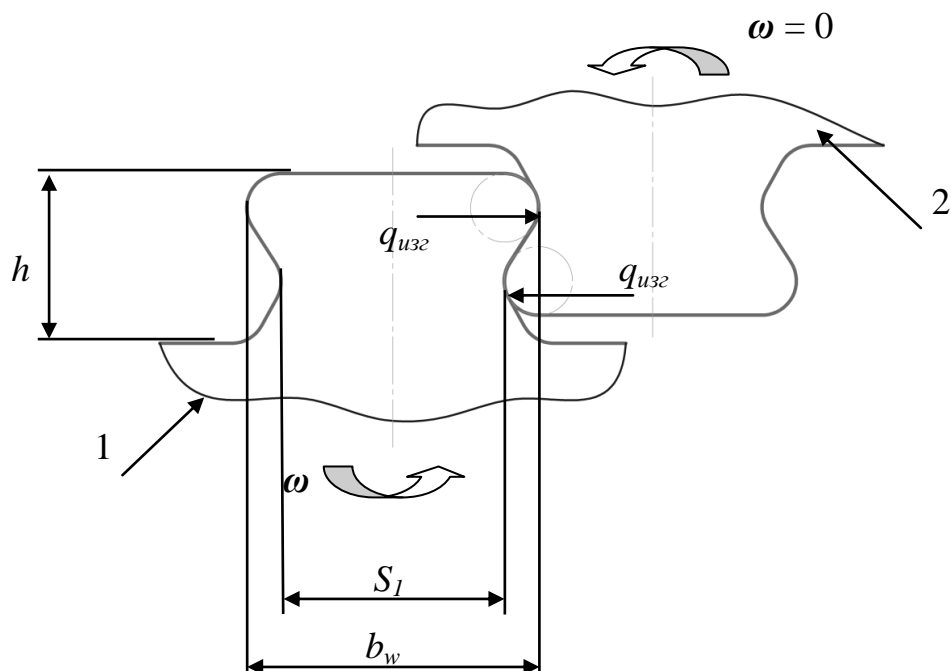


Рисунок 2.4 – Схема расчета изгиба кулачков муфты блокировки межколесного дифференциала

1 – кулачок полумуфты 1; 2 – кулачок полумуфты 2

Примем коэффициент запаса $n = 1,5$ и найдем допускаемые напряжения по формуле:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{-1}}{n} \quad (2.7)$$

где

σ_{-1} – предел выносливости материала, Па.

В случае изгиба напряжения находятся по формуле:

$$[\sigma] = 6 \cdot \frac{q_{изг} \cdot h \cdot b_w}{b_w \cdot S_1^2} \quad (2.8)$$

Тогда допустимая нагрузка на изгиб примет следующее значение:

$$q_{изг} = \frac{1}{6} \cdot \frac{[\sigma] \cdot b_w \cdot S_1^2}{h \cdot b_w} = 3,99 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Получив допустимую изгибную силу определим допустимый крутящий момент:

$$T_{изг} = \frac{q_{изг} \cdot (r_{внеш} - r_{внут}) \cdot \frac{r_{внеш} + r_{внут}}{2} \cdot N}{K} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Нм}$$

Максимальный момент двигателя, приведенный к карданному валу (переднего моста), определяется по формуле:

$$T_{P1} = \frac{T_{MAX} i_1 i_{PKH}}{3} \quad (2.9)$$

где

T_{MAX} – максимальный крутящий момент двигателя, Нм;

i_1 – передаточное число КПП на 1–ой передаче;

i_{PKH} – передаточное число раздаточной коробки.

Тогда максимальный крутящий момент подведенный к муфте от двигателя равен:

$$T_{P1} = \frac{T_{MAX} i_1 i_{PKH}}{3} = \frac{1766 \cdot 13.8 \cdot 1,536}{3} = 12478 \text{ Нм}$$

Максимальный момент движителя по сцеплению с опорной поверхностью, приведенный к муфте включения переднего моста, равен:

$$T_{P2} = \frac{\varphi G_{сц2} r_k}{i_M} \quad (2.10)$$

где

φ – коэффициент сцепления;

$G_{сц2}$ – нормальная нагрузка на мост, Н;

r_k – динамический радиус колеса, м;

i_M – передаточное число моста.

Получим, что максимальный момент движителя по сцеплению с опорной поверхностью, приведенный к муфте включения переднего моста, равен:

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$T_{P2} = \frac{\varphi G_{\text{сц2}} r_k}{i_M} = \frac{0,8 \cdot 78400 \cdot 0,569}{6,33} = 5637 \text{ Нм}$$

Расчетный момент на муфте включения переднего моста равен 5637 Нм.

Таким образом расчетный момент на муфте включения переднего моста не превышает допустимый крутящий момент.

2.5 Расчет на прочность и долговечность муфт включения главной передачи в переднем мосту.

2.5.1 Описание конструкции и постановка задачи

Общий вид конструкции разрабатываемого изделия представлен на рисунке 2.5. Кулачковая муфта включения главной передачи работает по принципу жесткой кинематической связи, соединяя вал дифференциала и левую полуось.

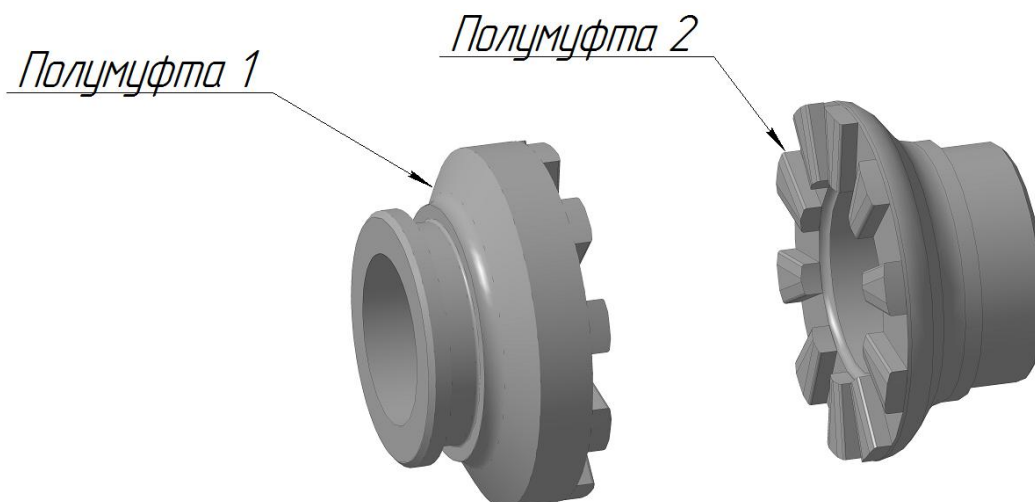


Рисунок 2.5 – Общий вид муфты включения главной передачи

Расчет муфты включения главной передачи проведем в два этапа: 1) Расчет на прочность при контактном взаимодействии кромок кулачков; 2) Расчет на прочность кулачка при изгибе. Материал – сталь 40ХС, исходные данные для расчета приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Исходные данные для расчета муфты подключения переднего моста

Параметр	Величина
Материал муфты	40ХС
Внешний радиус муфты ($r_{внеш}$), м	0,525
Внутренний радиус муфты ($r_{внут}$), м	0,03
Радиус скругления кромки кулачка ($r_{кр}$), м·10 ⁻³	0,80
Число кулачков муфты (n)	10,0
Рабочая ширина зуба (b_w), м·10 ⁻³	15,5
Ширина зуба в опасном сечении (S_I), м·10 ⁻³	8,9
Высота зуба (h), м·10 ⁻³	6,00
Коэффициент неравномерности распределения нагрузки между зубьями и по ширине зуба (K)	2,00

2.5.2 Расчет муфты на контактную прочность

Расчет на контактную прочность будем проводить методом конечных элементов. Расчет будет проводиться в программном продукте SOLIDWORKS Premium 2016 x64 Edition SP 3.0. Конечно–элементная модель (КЭМ) муфты показана на рисунке 2.6. В КЭМ использованы объемные элементы. В зоне контакта полумуфт конечно–элементная сетка имеет сгущение. Материал – сталь 40ХС (изотропный материал, свойства которого описываются линейной диаграммой растяжения–сжатия). Характеристики этого материала приведены в таблице 2.4.

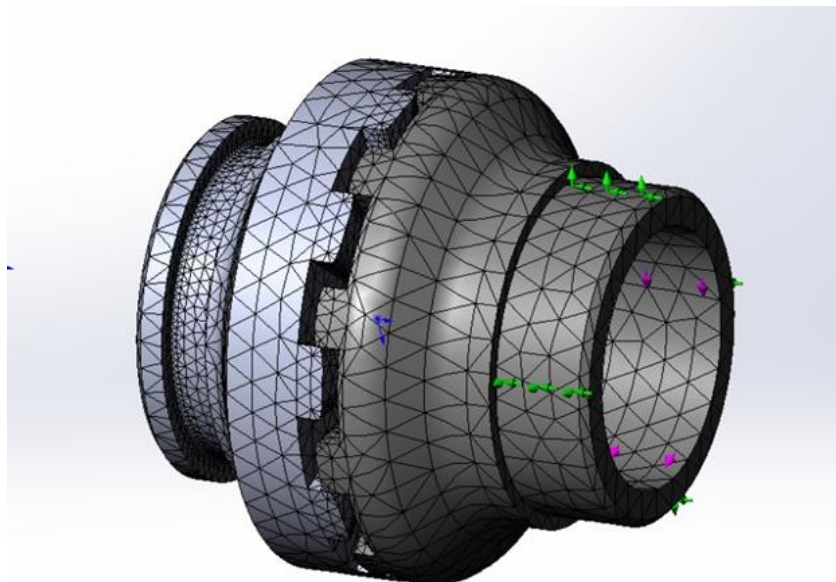


Рисунок 2.6 – Конечно–элементная модель взаимодействия кулачков муфты

Данные для расчета муфты включения переднего моста были получены имитационного моделирования движения автомобиля УРАЛ, описанного во второй главе, в момент подключения переднего моста, автомобиль разгоняется на включенной первой передаче КПП, крутящий момент на муфте включения главной передачи примем равным 3918Нм. Момент инерции полумуфты, полуоси, вращающихся частей колесного редуктора и колеса примем равным 50кгм².

Результаты расчета представлены на рисунке 2.7.

Максимальные напряжения на кромке зуба муфты включения переднего моста равны $826 \cdot 10^6$ Па. Так как предел текучести стали 40ХС принимает значение $1670 \cdot 10^6$ Па, коэффициент запаса прочности при расчете контактного взаимодействия кулачков муфты равен 2.

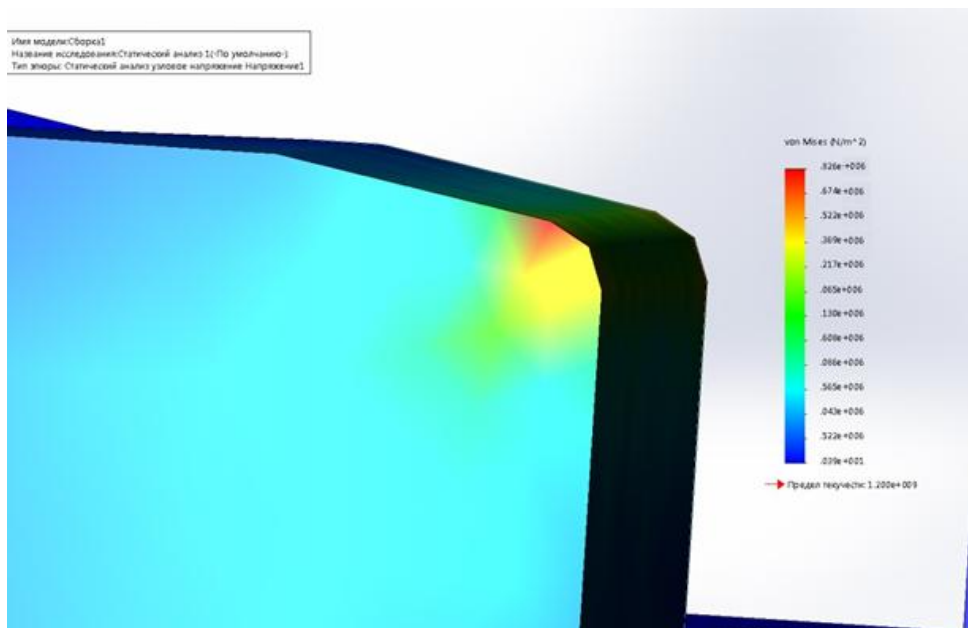


Рисунок 2.7 – Распределение напряжений при взаимодействии по кромке кулачков муфты

2.5.3 Расчет муфты на изгибную прочность

Примем коэффициент запаса $n = 1,5$ и найдем допускаемые напряжения по формуле:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{-1}}{n} \quad (2.11)$$

где

σ_{-1} – предел выносливости материала, Па.

В случае изгиба напряжения находятся по формуле:

$$[\sigma] = 6 \cdot \frac{q_{изг} \cdot h \cdot b_w}{b_w \cdot S_1^2} \quad (2.12)$$

Тогда допустимая нагрузка на изгиб примет следующее значение:

$$T_{изг} = \frac{q_{изг} (r_{внш} - r_{внт}) \frac{(r_{внш} + r_{внт})}{2} N}{K} = \frac{0,8 \cdot 78400 \cdot 0,569}{6,33} = 16935 \text{ Нм}$$

$$T_{изз} = \frac{q_{изз} \cdot (r_{внеш} - r_{внут}) \cdot \frac{r_{внеш} + r_{внут}}{2} \cdot N}{K} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Нм}$$

Максимальный момент двигателя, приведенный к карданному валу (переднего моста), определяется по формуле:

$$T_{P1} = \frac{T_{MAX} i_1 i_{PKH} i_{ГП}}{3 \cdot 2} \quad (2.13)$$

где

T_{MAX} – максимальный крутящий момент двигателя, Нм;

i_1 – передаточное число КПП на 1-ой передаче;

i_{PKH} – передаточное число раздаточной коробки.

Тогда максимальный крутящий момент подведенный к муфте от двигателя равен:

$$T_{P1} = \frac{T_{MAX} i_1 i_{PKH} i_{ГП}}{3 \cdot 2} = \frac{1766 \cdot 13,8 \cdot 1,536 \cdot 2,06}{3 \cdot 2} = 12852 \text{ Нм}$$

Максимальный момент двигателя по сцеплению с опорной поверхностью, приведенный к муфте включения переднего моста, равен:

$$T_{P2} = \frac{\varphi G_{сц2} r_k}{i_{БР}} \quad (2.14)$$

где

φ – коэффициент сцепления;

$G_{сц2}$ – нормальная нагрузка на мост, Н;

r_k – динамический радиус колеса, м;

i_M – передаточное число моста.

Получим, что максимальный момент двигателя по сцеплению с опорной поверхностью, приведенный к муфте включения переднего моста, равен:

$$T_{P2} = \frac{\varphi G_{сц2} r_k}{i_{БР}} = \frac{0,8 \cdot 39200 \cdot 0,569}{3,08} = 5793 \text{ Нм}$$

Расчетный момент на муфте включения переднего моста равен 5793 Нм.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Таким образом расчетный момент на муфте включения главной передачи не превышает допустимый крутящий момент.

2.6 Расчет на прочность и долговечность муфт блокировки межколесного дифференциала.

2.6.1 Описание конструкции и постановка задачи

Общий вид конструкции разрабатываемого изделия представлен на рисунке 2.8. Кулачковая муфта блокировки межколесного дифференциала работает по принципу жесткой кинематической связи, соединяя полуось колеса с корпусом дифференциала.

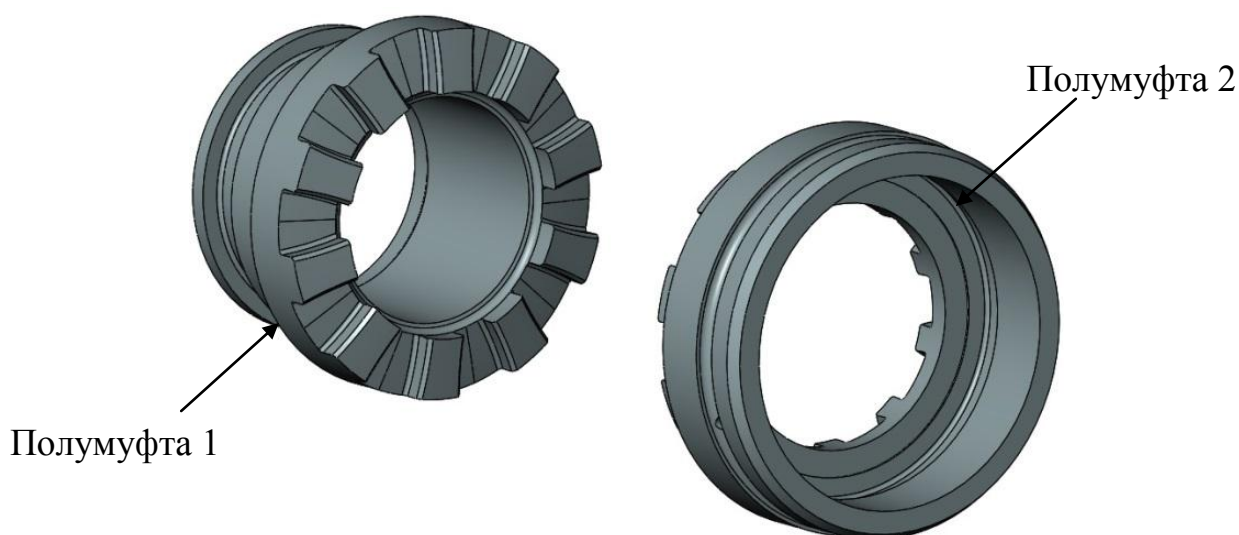


Рисунок 2.8 – Общий вид муфты блокировки межколесного дифференциала

Расчет муфты блокировки межколесного дифференциала проведем в два этапа: 1) Расчет на прочность при контактном взаимодействии кромок кулачков; 2) Расчет на прочность кулачка при изгибе. Материал – сталь 40ХС, исходные данные для расчета приведены в таблице 2.4.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР

Лист

48

Таблица 2.6 – Исходные данные для расчета муфты блокировки межколесного дифференциала

Параметр	Величина
Момент инерции колеса (J_k), кг·м ²	50,00
Радиус колеса (r), м	0,59
Длина полуоси (L), м	0,93
Диаметр полуоси (d), м	0,05
Полярный момент инерции полуоси (J_p), м ⁴	$5 \cdot 10^{-7}$
Внешний радиус муфты ($r_{внеш}$), м	0,05
Внутренний радиус муфты ($r_{внут}$), м	0,03
Радиус скругления кромки кулачка ($r_{кр}$), м·10 ⁻³	0,90
Число кулачков муфты (n)	10,0
Угол зацепления зубьев полумуфт (α), град	5,90
Приведенный радиус скругления кромки зуба ($\rho_{пр}$), м·10 ⁻³	0,45
Рабочая ширина зуба (b_w), м·10 ⁻³	15,21
Ширина зуба в опасном сечении (S_l), м·10 ⁻³	12,16
Высота зуба (h), м·10 ⁻³	6,00

Для удобства математического описания будем использовать задачу о крутильном ударе. Примем допущение о том, что вращательное движение совершает только одно колесо, второе колесо неподвижно. Расчетная схема представлена на рисунке 2.9.

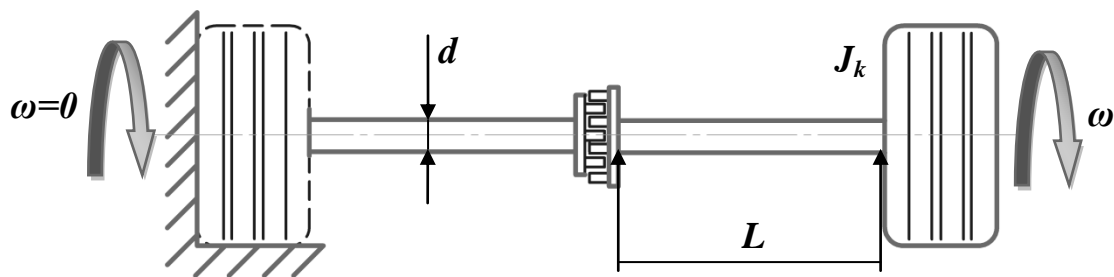


Рисунок 2.9 – Расчетная схема оси автомобиля

2.6.2 Расчет муфты на контактную прочность

Расчет на контактную прочность будем проводить, используя подход Герца к оценке контактного взаимодействия двух криволинейных поверхностей[8]. Применение задачи Герца к данному расчету вполне обосновано, т.к. кромки зубьев кулачковой муфты имеют радиусы скругления.

Закон сохранения энергии для рассматриваемой механической системы запишется следующим образом:

$$\frac{1}{2} \cdot J_k \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{T_{kr}^2}{G \cdot J_p} \cdot 2L \quad (2.15)$$

где

G – модуль сдвига материала, Па. Для стали 40ХС $G = 0,8 \cdot 10^5$ МПа;

T_{kr} – крутящий момент (разность моментов на полуосях), действующий во время блокировки, Нм.

Соответственно, ω – искомая допустимая разница угловых скоростей колес при включении муфты блокировки, выразим ее из закона сохранения энергии.

$$\Delta\omega = \sqrt{\frac{T_{kr}^2}{G \cdot J_p} \cdot 2L \cdot \frac{1}{J_k}} \quad (2.16)$$

Для полумуфты с заданной спецификой геометрических параметров допустимый крутящий момент найдем из выражения:

$$T_{kr} = \frac{q \cdot (r_{внеш} - r_{внут}) \cdot \frac{r_{внеш} + r_{внут}}{2} \cdot N}{K} \quad (2.17)$$

где

q – усилие, действующее на зуб в процессе включения муфты, Н;

K – коэффициент неравномерности распределения нагрузки между зубьями и по ширине зуба. Примем $K = 2$.

Решая задачу Герца найдем величину усилия q . Расчетная схема приведена на рисунке 2.10.

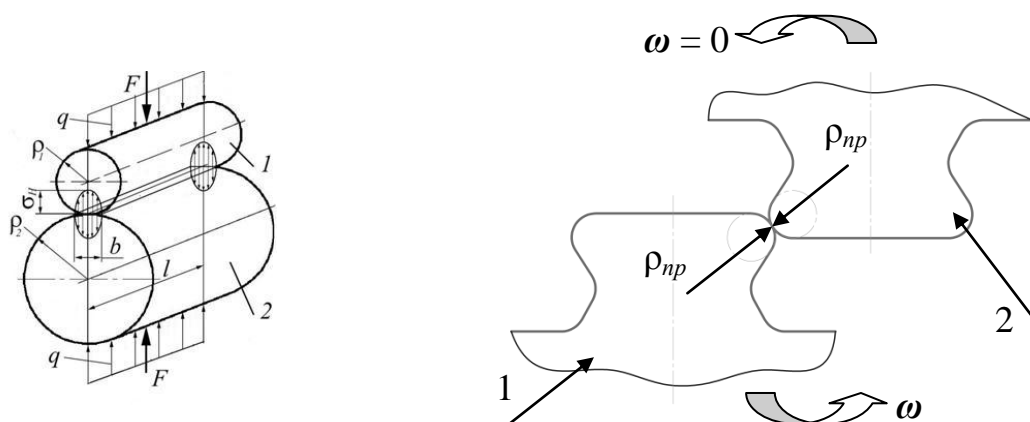


Рисунок 2.10 – Схема расчета контактного взаимодействия кулачков муфты блокировки межколесного дифференциала

1 – кулачок полумуфты 1; 2 – кулачок полумуфты 2

Формула определения максимальных допустимых контактных напряжений записывается следующим образом:

$$\sigma_h = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{q_a \cdot E}{\rho_{np}}} \quad (2.18)$$

Выполним переход от нормальной силы к окружной:

$$q = q_a \cdot \cos(\alpha) \quad (2.19)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Следовательно:

$$q = \frac{\sigma_h^2 \cdot \cos(\alpha) \cdot \rho_{np}}{0,418^2 \cdot E} \quad (2.20)$$

В качестве допустимых контактных напряжений примем предел выносливости стали 40ХС (см. таблицу 3.2), получим:

$$q = 25,08 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

Используем полученное значение действующей на зуб силы для определения допустимого крутящего момента:

$$T_{кр} = 9247,04 \text{ Нм}$$

С учетом полученного допустимого крутящего момента найдем допустимую разницу скоростей вращения полумуфт при блокировании дифференциала для обеспечения достаточной контактной прочности, получим:

$$\Delta\omega = \sqrt{\frac{T_{кр}^2}{G \cdot J_p} \cdot 2L \cdot \frac{1}{J_k}} = 0,09 \text{ рад/с}$$

2.6.3 Расчет муфты на изгибную прочность

Для определения наиболее опасного случая с точки зрения прочности взаимодействия кулачков, определим допустимую разницу скоростей вращения полумуфт исходя из условий изгибной прочности[6]. Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.4. Расчетная схема изображена на рисунке 3.4.

Примем коэффициент запаса $n = 1,5$ и найдем допускаемые напряжения по формуле:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{-1}}{n} \quad (2.21)$$

где

σ_{-1} – предел выносливости материала, Па.

В случае изгиба напряжения находятся по формуле:

$$[\sigma] = 6 \cdot \frac{q_{изг} \cdot h \cdot b_w}{b_w \cdot S_1^2} \quad (2.22)$$

Тогда допустимая нагрузка на изгиб примет следующее значение:

$$q_{изг} = \frac{1}{6} \cdot \frac{[\sigma] \cdot b_w \cdot S_1^2}{h \cdot b_w} = 3,99 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Получив допустимую изгибную силу определим допустимый крутящий момент:

$$T_{изг} = \frac{q_{изг} \cdot (r_{внеш} - r_{внут}) \cdot \frac{r_{внеш} + r_{внут}}{2} \cdot N}{K} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Нм}$$

Таким образом, допустимая разность угловых скоростей при изгибе исходя из условия для крутильного удара будет равна:

$$\Delta\omega = \sqrt{\frac{T_{изг}^2}{G \cdot J_p} \cdot 2L \cdot \frac{1}{J_k}} = 14,42 \text{ рад/с}$$

2.6.4 Верификация полученных результатов методом конечных элементов

Для оценки точности полученных результатов с помощью решения задачи о крутильном ударе и применения подхода Герца для определения контактных напряжений воспользуемся методом конечных элементов.

Решение контактной задачи методом конечных элементов является нецелесообразным, т.к. размер конечного элемента будет определяться размером площадки контакта, которая в свою очередь определяется радиусом скругления зуба. В рассматриваемом случае радиус скругления кулачка составляет 0,9 мм,

соответственно для получения адекватных результатов с учетом краевого эффекта, размер конечного элемента должен определяться порядком $1 \cdot 10^{-3}$ мм, что потребует весьма большой вычислительной мощности ЭВМ.

Таким образом, с помощью метода конечных элементов решим задачу изгибной прочности кулачков муфты блокировки дифференциала. Полученные данные сопоставим с результатами аналитического решения.

2.6.5 Определение изгибной прочности кулачка муфты блокировки дифференциала методом конечных элементов

Для сокращения времени расчета будем рассматривать взаимодействие одного зуба каждой полумуфты, зададим условия циклической симметрии с целью получения корректных результатов. Конечно–элементная модель представлена на рисунке 2.11.

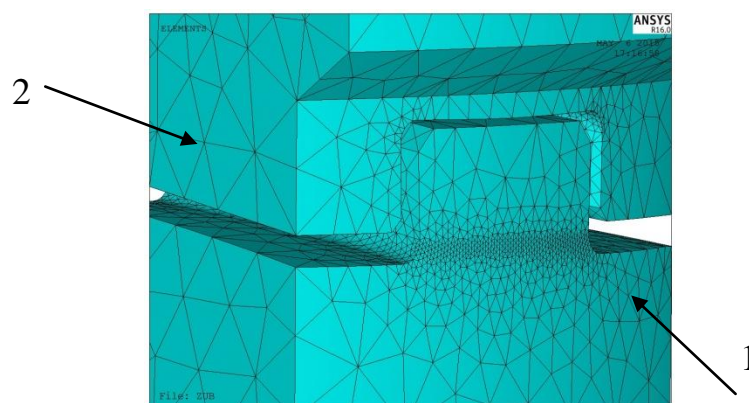


Рисунок 2.11 – Конечно–элементная модель взаимодействия кулачков муфты блокировки дифференциала

1 – кулачок полумуфты 1; 2 – кулачок полумуфты 2

Зададим механические свойства стали 40ХС (см. таблицу 2.4). Для точной имитации задачи о крутильном ударе ограничим все перемещения полумуфты 2. К полумуфте 1 приложим крутящий момент $T_{МКЭ}$. Постепенно увеличивая нагрузку, определим максимально допустимое значение $T_{МКЭ}$. Графическое представление результатов представлено на рисунке 2.12.

2.7 Расчет шлицевого соединения неподвижной полумуфты блокировки межколесного дифференциала и корпуса дифференциала.

2.7.1 Описание конструкции и постановка задачи

Общий вид шлицевого соединения неподвижной полумуфты блокировки межколесного дифференциала и корпуса дифференциала представлен на рисунке 2.13. Шлицевого соединения работает, соединяя полумуфту блокировки межколесного дифференциала и корпуса дифференциала, по боковым поверхностям шлицов.

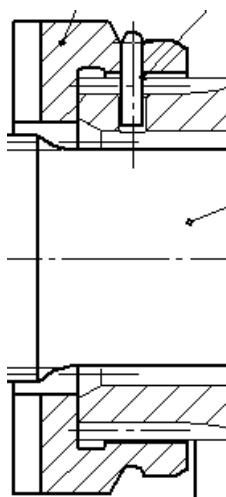


Рисунок 2.13 – Общий вид шлицевого соединения полумуфты блокировки межколесного дифференциала и корпуса дифференциала

2.7.2 Расчет шлицевого соединения на смятие

Для эвольвентных шлицевых соединений расчёт ведут по средним напряжениям смятия по формуле:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{10^3 T}{\varepsilon \cdot l \cdot r_{\text{ср}} \cdot h \cdot Z} \leq [\sigma]_{\text{см}}, \text{ Мпа} \quad (2.23)$$

где

T – номинальный вращающий момент, Нм;

$\varepsilon = 0,8 \dots 0,9$ коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по зубьям;

l – рабочая длина соединения, мм;

r_{cp} – средний радиус шлицевого соединения, мм;

h – высота зуба, мм;

Z – число зубьев

$[\sigma]_{cm}$ – допустимые напряжения смятия, $[\sigma]_{cm} = 400$ МПа

Тогда определим напряжения смятия шлицевого соединения муфты включения переднего моста и вала солнечной шестерни дифференциала

$$\sigma_{cm} = \frac{10^3 T}{\varepsilon \cdot l \cdot r_{cp} \cdot h \cdot Z} = \frac{10^3 \cdot 12852}{0,8 \cdot 24 \cdot 38 \cdot 5 \cdot 32} = 111 \text{ МПа}$$

Вывод по расчету

Напряжения смятия шлицевого соединения муфты полумуфты блокировки межколесного дифференциала и корпуса дифференциала не превышают допустимых максимальных напряжений, коэффициент запаса прочности $n=3,6$. Шлицевое соединение работоспособно.

2.8 Расчет шлицевого соединения подвижной полумуфты блокировки межколесного дифференциала и вала дифференциала

2.8.1 Описание конструкции и постановка задачи

Общий вид шлицевого соединения подвижной полумуфты блокировки межколесного дифференциала и вала дифференциала представлен на рисунке 2.14. Шлицевое соединение работает, соединяя полумуфту блокировки межколесного дифференциала и вала дифференциала, по боковым поверхностям шлицов[3,4].

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

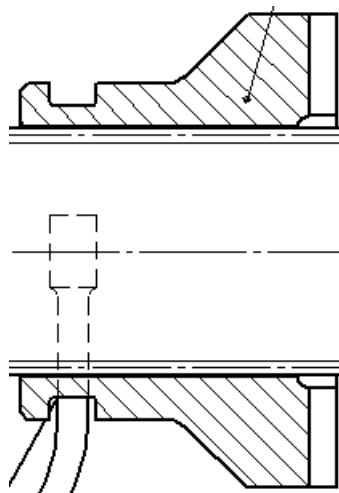


Рисунок 2.14 – Общий вид шлицевого соединения полумуфты блокировки межколесного дифференциала и вала дифференциала

2.8.2 Расчет шлицевого соединения на смятие

Для эвольвентных шлицевых соединений расчёт ведут по средним напряжениям смятия по формуле:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{10^3 T}{\varepsilon \cdot l \cdot r_{\text{ср}} \cdot h \cdot Z} \leq [\sigma]_{\text{см}}, \text{ МПа} \quad (2.24)$$

где

T – номинальный вращающий момент в Нм;

$\varepsilon = 0,8 \dots 0,9$ коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по зубьям;

l – рабочая длина соединения, мм;

$r_{\text{ср}}$ – средний радиус шлицевого соединения, мм;

h – высота зуба, мм;

Z – число зубьев

$[\sigma]_{\text{см}}$ – допустимые напряжения смятия, $[\sigma]_{\text{см}} = 400$ МПа

Тогда определим напряжения смятия шлицевого соединения муфты включения переднего моста и вала солнечной шестерни дифференциала

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{10^3 T}{\varepsilon \cdot l \cdot r_{\text{ср}} \cdot h \cdot Z} = \frac{10^3 \cdot 12852}{0,8 \cdot 61 \cdot 25 \cdot 5 \cdot 20} = 106 \text{ МПа}$$

Вывод по расчету

Напряжения смятия шлицевого соединения муфты полумуфты блокировки межколесного дифференциала и вала дифференциала не превышают допустимых максимальных напряжений, коэффициент запаса прочности $n=3,77$. Шлицевое соединение работоспособно.

Выводы по разделу два

В данном разделе выпускной квалификационной работы произведен расчет на прочность и долговечность зубчатых муфт подключения переднего моста и блокировки межколесного и межосевого дифференциала, и описаны их конструкции и произведены расчеты на контактную и изгибную прочность. А также произведен расчет на смятие шлицевых эвольвентных соединений, проверочный расчет прочностных показателей картера переднего моста. Расчеты подтвердили работоспособность разрабатываемого изделия.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Введение

В машиностроении стадия технологической обработки, наряду с разработкой конструкторской документации являются наиболее важными составляющими производства. К современным технологиям предъявляют всё более и более жёсткие требования как в сфере повышения качества и сокращения времени обработки, так и в сфере наиболее экономичного расходования материалов. Сочетание всех этих требований является залогом того, что изделие полностью воплотит в себе те параметры, которые заложил в неё конструктор .

Тенденции развития машиностроения в последние десятилетия приводят к созданию автоматизированных линий и цехов, внедрение высокоточного оборудования с программным управлением. Повышаются также требования к квалификации персонала.

Одной из основных задач технологии является экономное расходование материалов, а одним из основных направлений для достижения этой цели можно считать правильный выбор формы исходной заготовки с наименьшими затратами на её дальнейшую обработку.

Правильный выбор технологического процесса также является важным фактором на пути создания детали, отвечающей всем требованиям конструкторской документации, с наименьшим количеством технологических переходов, времени и затрат энергии, затрачиваемых на её изготовление.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

3.2 Описание детали и ее назначение

Деталь изображена на рисунке 3.1.

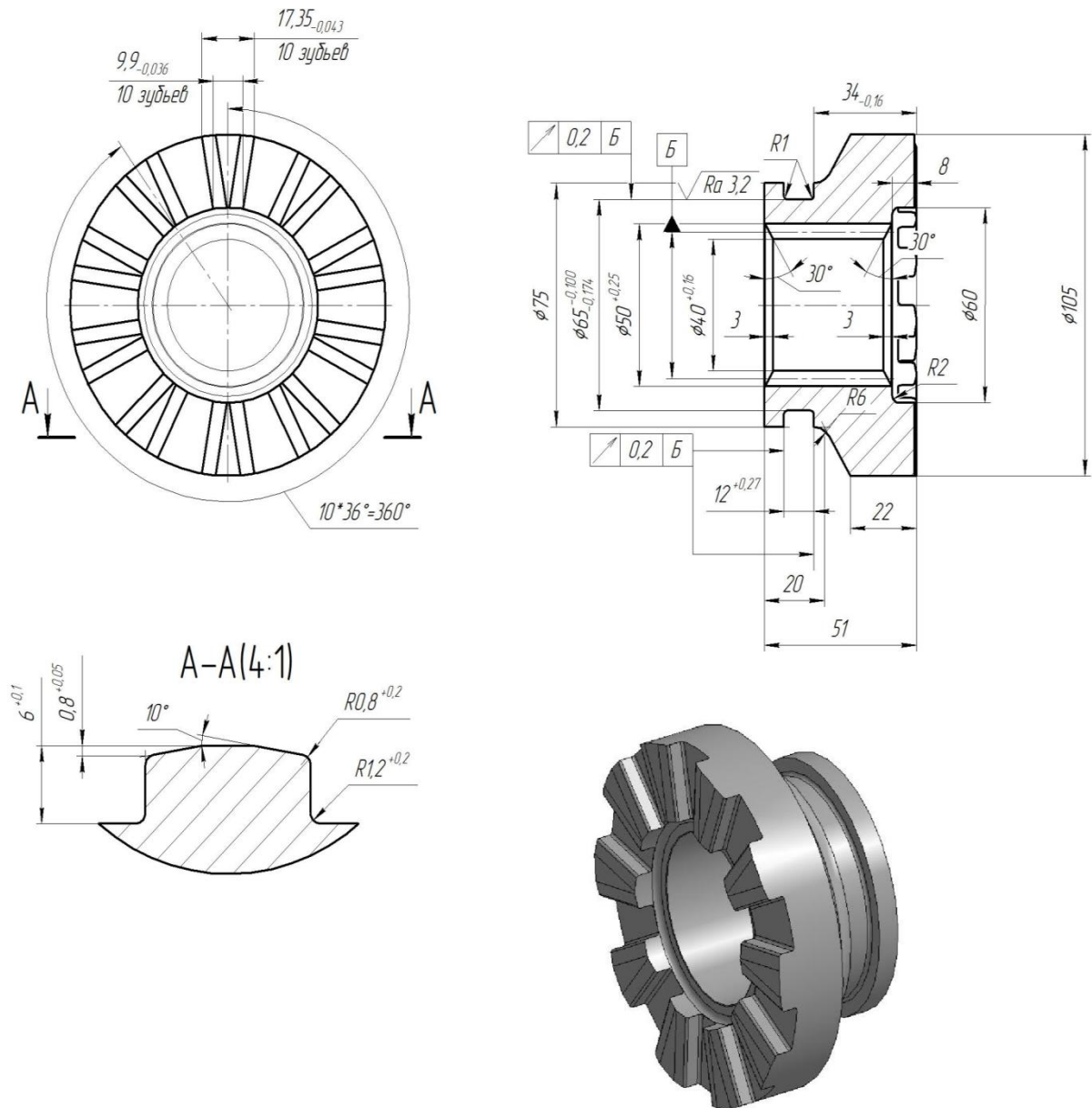


Рисунок 3.1 – Кулачковая муфта включения главной передачи автомобиля
УРАЛ – 6370

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР

Лист

61

Формообразование детали целесообразно перенести на заготовительную стадию, тем самым это позволит снизить расход металла и уменьшить долю затрат на механическую обработку в себестоимости готовой детали. Предпочтительным видом получения заготовки для данной детали является штамповка. Деталь будем изготавливать из материала Сталь 40ХС.

Конфигурация детали диктует следующий порядок обработки заготовки:

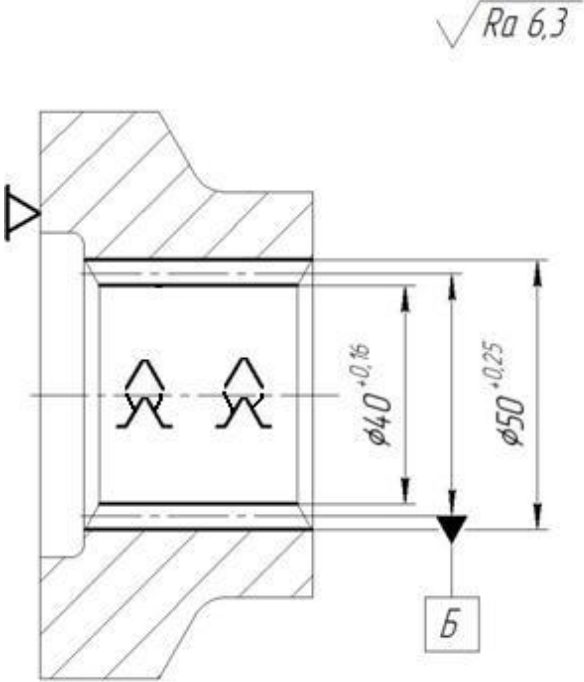
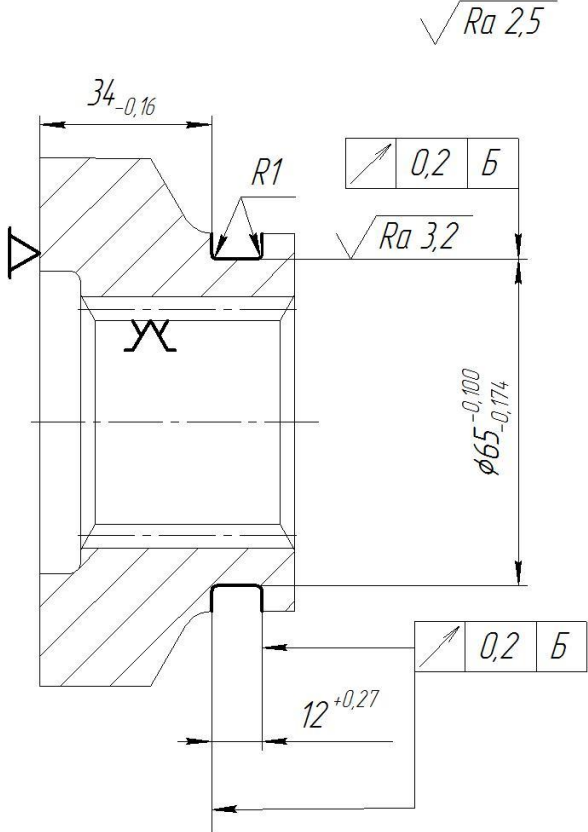
- 000 – заготовительная
- 005 – токарная с ЧПУ (2 установка)
- 010 – протяжная
- 015 – токарная с ЧПУ
- 020 – фрезерная
- 030 – контрольная

В таблице 3.1 представлен технологический процесс изготовления детали «Кулачковая муфта блокировки».

Таблица 3.1 – Технологический процесс изготовления детали «Кулачковая муфта»

Операция	Эскиз обработки детали	Инструмент
000 – заготовительная (штамповка)		Штамповочный пресс Trumpf TRUMATIC 200 [14]

Продолжение таблицы 3.1

Операция	Эскиз обработки детали	Инструмент
010 – протяжная	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 6,3}$</p>	Горизонтально-протяжной станок 7Б55 [16]
015– токарная с ЧПУ	 <p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra\ 2,5}$</p>	Станок токарный патронно-центральной с ЧПУ 16К20Ф3 [15]

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

23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР

Лист

64

Окончание таблицы 3.1

Операция	Эскиз обработки детали	Инструмент
<p>020– фрезерная с ЧПУ</p>		<p>Фрезерный 5–ти координатный станок с ЧПУ RAIS M500/5 [17]</p>
<p>030 – контрольная</p>		

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

23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР

Лист

65

Выводы по разделу три

Представленный маршрутно–операционный технологический процесс обеспечивает выполнение всех требований конструкторской документации за счет выполнения принципов совмещения баз и определенности базирования.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

4 ОРГАНИЗАЦИОННО–ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

4.1 Организационный раздел

Экономическая часть выпускной квалификационной работы является не менее важной, чем конструкторская или технологическая. В ней проводится анализ целесообразности производства проектируемого изделия, с точки зрения экономической эффективности. В условиях рыночных отношений и конкурентной борьбы между производителями, в том числе и продукции военного назначения, необходимо учитывать рентабельность производства, единовременные и текущие затраты, экономический эффект, срок окупаемости капитальных вложений и т. д. Без учёта экономических параметров нельзя приступать к производству изделия, потому что оно может оказаться невыгодным для предприятия и привести к его разорению [9].

В последнее время роль экономического анализа постоянно повышается, так как в нашей стране установилась система рыночных отношений, и при выходе на мировой рынок нужно стремиться к тому, чтобы, не уступая в качестве изделие было дешевле в производстве и эксплуатации, нежели аналоги в других странах.

Планирование и управление различными комплексами работ предполагают использование моделей (графиков) проектов или разработок, достаточно полно отражающих в той или иной форме взаимосвязи и характеристики работ, которые предстоит выполнить. Традиционные методы планирования предполагают использование простейших моделей типа ленточных план–графиков Ганнта, которые позволяют отразить календарные сроки начала и окончания каждого вида работы и длительность цикла выполнения всего комплекса работ. Ленточные графики составляют в пределах заданного, а не расчетного срока выполнения всего комплекса работ. На основании ленточного графика бюро планирования составляет рабочие платы – графики работы подразделений предприятия. Руководители подразделений составляют задания исполнителям с указанием сроков начала и окончания работ. Этот план–график мы и будем использовать,

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

чтобы обеспечить организованное и своевременное выполнение работ по проектированию.

При расчете трудоемкости и длительности этапов НИОКР могут быть приняты события и работы выпускного проектирования. Расчет трудоемкости этапов НИОКР проводится на основе нормативной базы. Для расчета трудоемкости этапов НИОКР предлагаю воспользоваться методом экспертных оценок.

Этот метод можно использовать для определения трудоемкости этапов НИОКР, не имеющих аналогов. Так, для определения времени выполнения работы ($t_{ож}$) дается оптимистическая (t_{min}) и пессимистическая (t_{max}) оценка. Величину $t_{ож}$ определяют по формулам:

$$t_{i-joж} = \frac{3t_{max} + 2t_{min}}{5}; \quad (4.1)$$

$$t_{i-joж} = 0,6t_{i-jmin} + 0,4t_{i-jmax}. \quad (4.2)$$

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

№ п.п	Этап работ	Исполнители		Продолжительность	Рабочие дни					
		Категория	Кол-во		1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	... 85-90
1	Введение	Инженер	1	3	—	—	—	—	—	—
2	Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений	Инженер	1	5	—	—	—	—	—	—
3	Описание и обоснование выбранной конструкции	Руководитель темы Инженер	1 1	30	—	—	—	—	—	—
4	Расчеты подтверждающие работоспособность и надежность конструкции	Руководитель темы Инженер	1 1	15	—	—	—	—	—	—
5	Технологическая часть	Инженер	1	10	—	—	—	—	—	—
6	Организационно-экономический раздел	Консультант по эконом. части Инженер	1 1	10	—	—	—	—	—	—
7	Раздел БЖД	Консультант БЖД Инженер	1 1	10	—	—	—	—	—	—
8	Заключение	Инженер.	1	3	—	—	—	—	—	—

Рисунок 5.1 – План-график Ганта (ленточный) выполнения НИОКР

4.2 Экономический раздел

4.2.1 Описание конструкции

Механизм автоматического подключения полного привода и автоматическая блокировка межосевого и межколесного дифференциала УРАЛ - 6370 предназначена для: повышения эксплуатационных характеристик путем снижения расхода топлива и времени включения блокировки; предотвращения поломки трансмиссии при выезде на дорогу с высоким коэффициентом сцепления; повышения эффективности грузоперевозок; повышения комфорта и снижения утомляемости водителя.

4.2.2 Анализ прогрессивности проектируемой конструкции

Технический уровень (ТУ) – это относительная характеристика качества продукции, основанная на сопоставлении значений технико–экономических показателей (ТЭП), характеризующих техническое совершенство оцениваемой продукции с соответствующими базовыми значениями (ГОСТ 15.467–79).

За образец взят УРАЛ 4320 6x6 с грузоподъемностью до 10000 кг.

Анализ производится на оценки перспективности и конкурентоспособности.

Оценка производится по обобщённому критерию технического уровня K_1 , который представляет собой отношение суммы относительных величин ранжированных параметров, вычисленных по отношению к соответствующим параметрам образцов отечественного производства, к приведённому числу параметров.

Сравниваемые параметры являются техническими данными, расположенными в ранжированной последовательности:

- Мощность двигателя, кВт;
- Снаряженная масса, кг;
- Дорожный просвет, мм;
- Ширина колеи, мм;

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

s – количество рассматриваемых параметров.

Тогда:

$$K_1 = \frac{\frac{365}{154} \cdot 1 + \frac{14350}{8200} \cdot 1 + \frac{380}{365} \cdot 0,75 + \frac{2096}{2010} \cdot 0,5}{1 + 1 + 0,75 + 0,5} = 1,55 \quad (4.5)$$

Таблица 4.3 – Коэффициенты оценки конкурентоспособности

Значение критериев	Заключение о перспективности (конкурентоспособности) проектируемой конструкции
$k_1 (k_2) > 1,4$	Весьма перспективная (конкурентоспособная) разработка
$1,2 < k_1 (k_2) \leq 1,4$	Перспективная (конкурентоспособная) разработка
$1,0 < k_1 (k_2) \leq 1,2$	Средняя перспективность (конкурентоспособность) разработки
$k_1 (k_2) \leq 1,0$	Неперспективная (неконкурентоспособная) разработка

Критерий конкурентоспособности проектируемой конструкции равен 1,55, то есть $> 1,4$. Это говорит о том, что применение механизма автоматического подключения полного привода и автоматическая блокировка межосевого и межколесного дифференциала на УРАЛ 6370 является весьма перспективной разработкой.

4.2.3 Оценка себестоимости проекта

Оценку себестоимости разработки механизма автоматического подключения полного привода УРАЛ – 6370 будем осуществлять нормативным методом расчета затрат[9].

В действующих в настоящее время нормативных документах в области бухгалтерского учета и налогообложения используется понятие «расходы организации». Допускается применение терминов: «смета затрат» – применительно к сфере материального производства и «сметная стоимость темы» – применительно к научным организациям.

Укрупненно смету затрат на выполнение темы (сметную себестоимость) $C_{см}$ можно представить как сумму следующих типовых статей затрат

$$C_{см} = C_{м} + C_{з.п.осн} + C_{с.с.}, \quad (4.6)$$

где $C_{м}$ – прямые материальные затраты; $C_{з.п.осн}$ – затраты по основной заработной плате исполнителей всех тем; $C_{е.н}$ – отчисления по социальному страхованию;

1 Прямые материальные затраты:

Табл. 4.4 – Расчет затрат на материалы

Расчёт затрат на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
Бумага А4	пачка	1	170,00	170,00
Ватман А1	лист	15	10,00	150,00
Ручка шариковая	шт.	5	5,50	27,50
Карандаш автоматический	шт.	2	21,70	43,40
Папка для бумаг	шт.	2	45,00	90,00
ТЗР				28,85
Сумма				509,75

ТЗР равны 6% от суммы затрат на все материалы.

Основная заработная плата (ОЗП) включает прямую заработную плату сотрудников и дополнительный районный коэффициент («Уральский коэффициент»). Районный коэффициент равен 15% от ПЗП, а ОЗП определяется как сумма ПЗП и ДКП и представлена в таблице 4.5[9].

Таблица 4.5 – Затраты на ОЗП

Затраты на основную заработную плату

Исполнители	Трудоемкость, чел.-дн.	Оклад, руб.	ПЗП, руб.	Районный коэффициент	ОЗП, руб.
Инженер	86	35000,00	125416,00	18812,40	144228,40
Руководитель темы	45	30000,00	56250,00	8438,00	64688,00
Консультант по экономич. части	10	30000,00	12500,00	1875,00	14375,00
Консультант по БЖД	10	30000,00	12500,00	1875,00	14375,00
Сумма					237666,40

Дополнительная заработная плата (ДЗП) определяется в размере 10% от ОЗП:

$$\text{ДЗП} = 0,1 \cdot \text{ОЗП} = 237666,4 \cdot 0,1 = 23766,64 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальное страхование (ОСС) принимается равным 30% от суммы фондов ОЗП и ДЗП:

$$\text{ОСС} = 0,3(\text{ОЗП} + \text{ДЗП}) = 0,3(237666,4 + 23766,64) = 78429,9 \text{ руб.}$$

Контрагентские расходы (КР) включают в себя стоимость работ, выполняемые сторонними организациями и предприятиями – затраты на использование ПЭВМ и отражены в таблице 4.6.

Общая смета затрат на проведение НИОКР приведена в таблице 4.7

Таблица 4.7 – Смета затрат на проведение НИОКР

Наименование	Затраты, руб.
Материалы	509,75
Основная заработная плата	237666,4
Дополнительная заработная плата	23766,64
Отчисления на социальное страхование	78429,9
Контрагентские расходы	4401,48
Прочие прямые затраты	10343,23
Накладные расходы	17755,87
Сумма	372873,27

4.2.4 Расчёт затрат на изготовление проектируемой детали

Таблица 4.8 – Технологический процесс изготовления детали

№ п.п.	Наименование операции	$t_{шт}$, мин.	Разряд рабочего	Тариф, руб./ч.
1	Токарная	7,4	III	20
2	Протяжная	0,7	IV	35
3	Токарная	2,2	III	30
4	Фрезерная	2,34	III	20

Произведём расчёт по калькуляции одной детали [9]. В качестве объекта калькуляции выбираем деталь – зубчатая муфта включения переднего моста, на которую имеется технологический процесс изготовления и рабочий чертёж.

Основные материалы:

- вес заготовки 1,9 кг
- вес детали 1,53 кг
- цена за 1 кг материала (20ХГНМТА) 17,3 руб.
- цена за 1 кг отходов 3,2 руб.
- Стоимость материала на заготовку: $C_M = 1,9 \cdot 17,3 = 32,87$ руб.
- Стоимость отходов: $C_{отх} = (1,9 - 1,53) \cdot 3,2 = 1,184$ руб.
- Стоимость основных материалов: $C = C_M - C_{отх} = 32,87 - 1,184 = 31,686$ руб.
- Стоимость основных материалов за вычетом отходов: 49,1 руб.
- Транспортно–заготовительные расходы: $49,1 \cdot 0,02 = 0,982$ руб.
- Основная заработная плата производственных рабочих. Определяется из расчёта оплаты за 1 кг обработанного материала (по данным из цеха 23,3 руб.).
 $З_{п} = 1,9 \cdot 23,3 = 44,27$ руб.
- Дополнительная заработная плата, принимается 8% от основной.
 $З_{доп} = 44,27 \cdot 0,08 = 3,54$ руб.
- Отчисления на социальное страхование $O_{соц.стр} = 0,08 \cdot (44,27 + 3,54) = 3,82$ руб.
- Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования 200% от Зп. 88,54 руб.
- Цеховые расходы 80% от Зп 35,41 руб.
- Цеховая себестоимость – сумма вышеуказанных затрат 221,8
- Общезаводские расходы 70% от Зп 30,9 руб.
- Производственная себестоимость – сумма вышеуказанных затрат 252,7 руб.
- Прочие производственные расходы 10,1 руб.
- Внепроизводственные расходы 5% от C_M 7,41 руб.
- Полная себестоимость 270,21 руб.

Калькуляция себестоимости детали представлена в таблице 4.9

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

Таблица 4.9 – Калькуляция себестоимости детали

Статья затрат	Сумма затрат, руб	В % к итогу
1. Затраты на материалы за вычетом отходов	49,1	18,17
2. Транспортно-заготовительные расходы	0,982	0,36
3. ОЗП производственных рабочих с учетом премий и добавок	44,27	16,39
4. ДЗП производственных рабочих	3,54	1,3
5. Отчисления на соц. страхование	3,82	1,4
6. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	88,54	32,7
7. Цеховые расходы	35,41	13,1
8. Цеховая себестоимость	221,8	-
9. Общезаводские расходы	30,9	11,4
10. Производственная себестоимость	252,7	-
11. Прочие производственные расходы	10,1	3,7
12. Внепроизводственные расходы	7,41	2,7
Полная себестоимость	270,21	100

4.2.5 Расчёт себестоимости изделия

Расчёт производится для изделия в целом:

$$\frac{Cm_{д}}{M_{д}} = \frac{Cm_{и}}{M_{и}}, \quad (4.7)$$

где $Cm_{д}$ и $Cm_{и}$ – полная коммерческая себестоимость детали и изделия, руб;

$M_{д}$ и $M_{и}$ – масса детали и узла, кг.

Подставим значения в формулу 4,7: $Cm_{и} = 270,21 \cdot 63/1,53 = 11127$ руб.

Прибыль – 30% от себестоимости: $11127 \cdot 0,3 = 3337,8$ руб

Оптовая цена предприятия составит: $11127+3337,8=14464,8$ руб.

Отпускная цена с учётом НДС (18%): 17068 руб.

4.2.6 Оценка коммерческой состоятельности проекта

Капитальные вложения (инвестиции) в организацию работы $K_{сум}$ включают в себя:

$$K_{сум} = K_{пр} + K_{сопр} + K_{об} + K_{НИР}, \quad (4.8)$$

где $K_{пр}$ – прямые капитальные вложения, руб;

$K_{сопр}$ – сопряжённые капитальные вложения, руб;

$K_{об}$ – минимально необходимые оборотные средства, руб;

$K_{НИР}$ – капитальные вложения на проведения научно–исследовательских работ.

В выпускном квалификационном проекте рассматриваются реальные инвестиции, при этом учитываются только прямые капитальные вложения:

$$K_{и} = 0,4 \cdot C_{и} \cdot A,$$

Где $C_{и}$ – полная себестоимость изделия $C_{и} = 14464$ руб.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

A – программа выпуска изделий A=1500 шт

Подставляя, получим: $K_{II}=0,4 \cdot 14464 \cdot 1500= 8678400$ руб.

4.2.7 Оценка эффективности инвестиций

Для определения экономической целесообразности осуществления инвестиционного проекта, определим показатель простой нормы прибыли, срок окупаемости инвестиций и точку безубыточности проекта[9].

Показатель простой нормы прибыли – наименьший гарантированный уровень доходности, сложившийся на рынке капиталов:

$P_б$ – балансовая прибыль, руб;

$$P_б=(C_{онт} - C_{пол})A = (17068 - 11127) \cdot 1500 = 8911500 \text{ руб.}$$

$$\text{Расчётная прибыль } P_p = P_б \cdot 0,7 = 10002000 \cdot 0,7 = 6238050 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости инвестиций – минимальный временной интервал (от начала осуществления инвестиционного проекта), за пределами которого суммарный эффект становится равным нулю и остаётся в дальнейшем положительным.

$$T_{ок} = \frac{K_{сум}}{P_p + \Phi_{амор}}, \quad (4.9)$$

где $\Phi_{амор}$ – амортизационные отчисления, руб.

$$\text{Срок окупаемости: } T_{ок} = \frac{8678400}{6238050 + 2450490} = 1 \text{ год.}$$

Точка безубыточности проекта – критический объём производства $A_{кр}$, при котором прибыль становится нулевой, так как прибыль от реализации совпадает с издержками производства. Сравнение точки безубыточности с планируемым объёмом производства позволяет определить «запас прочности производства». Точка безубыточности определяется по формуле:

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

$$A_{xp} = \frac{B}{C_{ont} - a}, \quad (4.10)$$

где В – условно–постоянные издержки на весь выпуск, руб/год;
а – условно–переменные издержки на единицу продукции, руб/шт

Подставляем значения: $A_{xp} = \frac{612750}{14464 - 94.75} = 37шт / год$

Рассчитаем зависимость объёмов реализации V_p и общих издержек от объёмов выпуска и реализации С в натуральном выражении А.

$$V_p = C_{ont} \cdot A; \quad (4.11)$$

$$C = a \cdot A + B \quad (4.12)$$

Подставим:

$$V_p = 14464 \cdot 1500 = 21696000 руб / год,$$

$$C = 94,75 \cdot 1500 + 278250 = 420375 руб / год$$

Графическая иллюстрация «Точки безубыточности» выносится на демонстрационный лист.

Относительный запас прочности: $\delta = 5\%$

Запас прочности показывает, что снизить объём производства и реализации продукции без угрозы его финансового положения можно на 5%.

4.2.8 Техничко–экономические показатели инвестиционного проекта

В этой части выпускного квалификационной работы была определена себестоимость предлагаемой конструкции, выявлены необходимые технико–экономические показатели, значения которых внесены в таблицу 4.10.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Таблица 4.10 – Техничко–экономические показатели

Наименование показателей	Единица измерения	Изделие
Критерий технического уровня		1,67
Годовая программа	шт.	1500
Полная себестоимость	тыс. руб	11,127
Оптовая цена	тыс. руб	14,464
Прибыль	тыс. руб/год	6238,05
Инвестиции	тыс. руб	8678,4
Простая норма прибыли	%	31,9%
Срок окупаемости	год	1
Точка безубыточности	шт.	37

На основании обозначенных в таблице 4.10 характеристик строим на рисунках 4.2 и 4.3 графические зависимости анализа безубыточности производства и график денежных потоков соответственно.

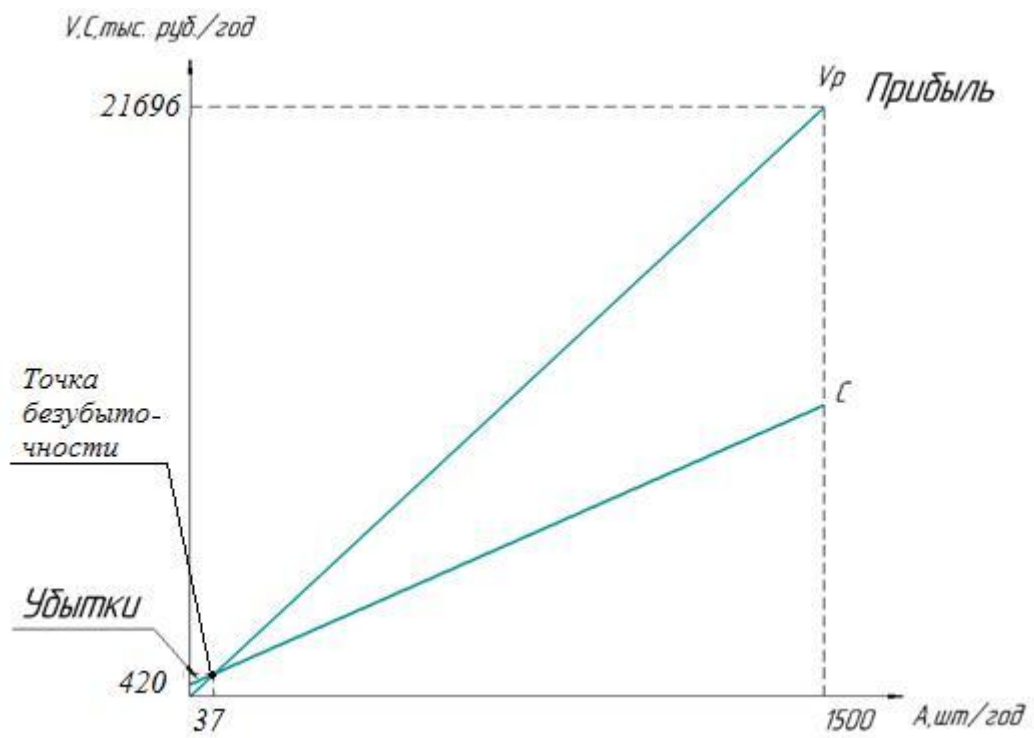


Рисунок 4.2 – Анализ безубыточности производства

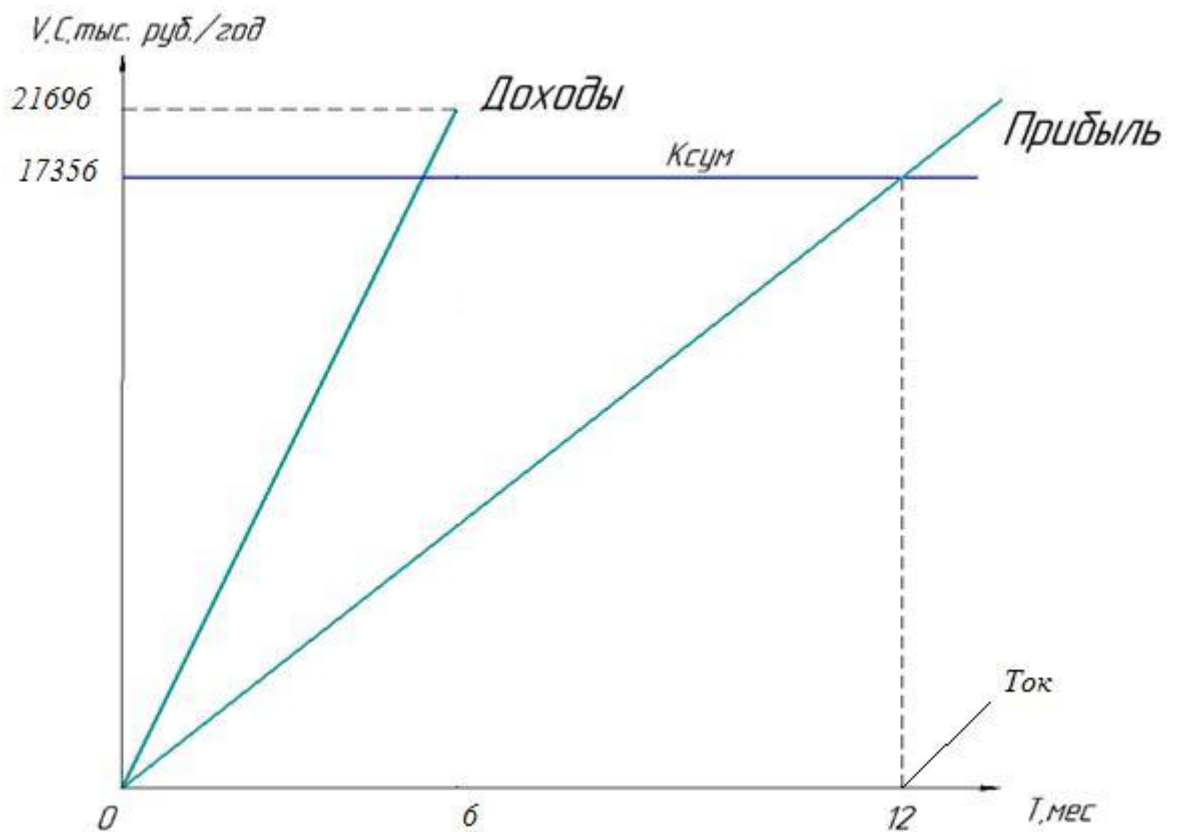


Рисунок 4.3 – График денежных потоков

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

Выводы по разделу четыре

В экономической части выпускного квалификационной работы представлена оценка рынка сбыта данного изделия. Выполнен расчет затрат на изготовление и определена себестоимость детали входящей в механизм подключения полного привода и блокировки дифференциала УРАЛ – 6370. Произведен анализ прогрессивности и технологичности проектируемой конструкции, в сравнение с серийным изделием. Рассчитана себестоимость изделия. Дана оценка коммерческой состоятельности и эффективности инвестиций. Построены графические зависимости анализа безубыточности производства и график денежных потоков. Подсчитана приблизительная прибыль и срок окупаемости данной детали, который составляет 1 год. Составлена таблица технико-экономических показателей выпускной квалификационной работы.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Условия труда слесаря

Основными условиями безопасной работы при выполнении слесарных работ правильная организация рабочего места, пользование только исправными инструментами, строгое соблюдение производственной дисциплины и правил техники безопасности[11].

Все вращающиеся части станков и механизмов, а также обрабатываемые детали с выступающими частями должны иметь защитные ограждения.

Опасность представляют внутризаводской автомобильный и безрельсовый электротранспорт, ручные вагонетки, тележки, а также движение рабочих в узких проходах или на путях, где работает грузоподъемный транспорт.

Для движущегося транспорта устанавливают различные сигналы: звуковые (звонки, сирены), световые (различные цвета ламп — красный, желтый, зеленый), которые нужно знать и соблюдать.

При непосредственном прикосновении к токоведущим частям (выключателям, рубильникам ит. п.) или металлическим предметам, случайно оказавшимся под напряжением, возникает опасность поражения электрическим током. В местах, где имеются электрические установки, вывешивают предупредительные надписи (например, «Опасно!», «Под током!») или ставят условные знаки.

Электроинструменты должны присоединяться к электрической сети с помощью шлангового кабеля, имеющего специальную жилу, служащую для заземления и зануления, через штепсельную розетку, одно гнездо которой соединено с землей или с нулевым проводом. На штепсельной вилке контакт для соединения корпуса электроинструмента с землей делается более длинным, чем остальные токоведущие контакты. Благодаря такому устройству при включении электроинструмента сначала происходит заземление или зануление, а потом включаются токоведущие контакты.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

При работе с электроинструментами следует применять индивидуальные средства защиты: резиновые перчатки и калоши, резиновые коврики, изолирующие подставки и т. п.

5.2 Основные воздействия на слесаря:

- Шум, превышающий допустимый уровень
- Вибрация, превышающая допустимый уровень
- Микроклимат на рабочем месте
- Освещенность:
 - отсутствие или недостаточное естественное освещение
 - несоответствующее нормам искусственное освещение
- Содержание вредных веществ при обработке металлов.

5.2.1 Виброакустические факторы, шум

Нормирование шума ведется в соответствии с нормативными документами , в которых определены основные характеристики производственных шумов и соответствующие им нормы шума на рабочих местах[11]. Нормы устанавливают допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот в дБ, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА на рабочих местах. Нормы предусматривают дифференцированный подход в соответствии с характером производственной деятельности в условиях шума, т. е. нормируемые уровни звукового давления имеют различные предельные спектры для разных профессиональных групп и помещений, где осуществляется различная по характеру работа (умственный труд, нервноэмоциональное напряжение, преимущественно физический труд и т. д.) (табл. П.1.4). В нормах учитываются характер действующего шума (тональный, импульсный, постоянный) и время воздействия шумового фактора при расчете его эквивалентных уровней для

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

непостоянных шумов. В санитарных нормах предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах приведены с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности. Количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса рекомендуется проводить в соответствии с руководством.

По временным характеристикам шум делится:

– на постоянный, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно»;

– на непостоянный, если его уровень изменяется во времени более чем на 5 дБА. Непостоянные шумы подразделяют:

– на колеблющийся во времени шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;

– на прерывистый шум, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более; 28

– на импульсный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является уровень звука и эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

Таблица 5.1– Эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий напряженности и тяжести, дБА*

Предельно допустимые эквивалентные уровни звука, дБА			
Категории напряженности трудового процесса	Категории тяжести трудового процесса		
	легкая и средняя физическая нагрузка	тяжелый труд степени	тяжелый труд степени
Напряженный труд 2 степени	60	—	—

* Примечание. Количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса по условиям труда следует проводить в соответствии с действующим документом по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового

Таблица 5.2 – Рекомендуемая длительность регламентированных перерывов в условиях воздействия шума

Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА, дБА _{экв}	Частотная характеристика шума	Длительность перерыва, мин			
		Работа без противошумов		Работа с противошумами	
		до обеденного перерыва	после обеденного перерыва	до обеденного перерыва	после обеденного перерыва
До 95	Низкочастотный	10	10	5	5
	Среднечастотный	10	10	10	10
	Высокочастотный	15	15	10	10
До 105	Низкочастотный	15	15	10	10
	Среднечастотный	15	15	10	10
	Высокочастотный	20	20	10	10
До 115	Низкочастотный	20	20	10	10
	Среднечастотный	20	20	10	10
	Высокочастотный	25	25	15	15
До 125	Низкочастотный	25	25	15	15
	Среднечастотный	25	25	15	15
	Высокочастотный	30	30	20	20

Примечание. Отдых в период регламентированных перерывов следует проводить в специально оборудованных помещениях. Во время обеденного перерыва работающие при воздействии повышенных уровней шума также должны находиться в оптимальных акустических условиях (при уровне звука не выше 50 дБА).

5.2.2 Вибрация

Вибрация представляет собой механическое колебательное движение, простейшим видом которого является гармоническое (синусоидальное) колебание.

В зависимости от характера контакта тела человека с источником производственной вибрации условно различают локальную (местную) и общую вибрацию (вибрация рабочих мест). По источнику возникновения общую вибрацию разделяют:

– на общую вибрацию I категории – транспортную вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах самоходных и прицепных машин, транспортных средств при движении по местности;

– на общую вибрацию II категории – транспортно-технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок, горных выработок;

– на общую вибрацию III категории – технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации, которую подразделяют по месту действия на следующие типы: тип «а» – на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий; тип «б» – на рабочих местах на складах, в столовых, бытовых, дежурных и других производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию; тип «в» – на рабочих местах в помещениях заводоуправления, конструкторских бюро, учебных пунктов,

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

5.2.3 Параметры микроклимата

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются: температура воздуха и поверхностей; относительная влажность и скорость движения воздуха; интенсивность теплового облучения [11]. Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах. Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности .

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

Искусственное освещение может быть двух систем – общее освещение и комбинированное освещение. Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и различными режимами работы, необходимо раздельное управление освещением таких зон. При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения. Нормируемые характеристики освещения в помещениях и снаружи зданий могут обеспечиваться как светильниками рабочего освещения, так и совместным действием с ними светильников освещения безопасности и (или) эвакуационного освещения.

5.2.5 Содержание вредных веществ при обработке металлов

Механической обработке подвергаются металлы, сплавы, неметаллы.

Для холодной обработки материалов используют токарные, фрезерные, шлифовальные, заточные, сверлильные и другие станки.

Характерной особенностью процессов механической обработки хрупких металлов (чугун, цветные металлы и т.п.) является выделение твердых частиц (пыли). При обработке стали на шлифовальных и заточных станках также образуется пыль, а на остальных станках – отходы только в виде стружки. При применении смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) образуются аэрозоли минеральных масел и различных эмульсолов.

Расчет количества пыли и аэрозолей проводится по удельным показателям, представленным в таблице 5.6 и таблице 5.7.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

Таблица 5.6 – Удельное выделение пыли при механической обработке чугуна, цветных металлов на станках без охлаждения

Вид обработки, оборудование	Выделяемое вещество	Количество, г/с
Обработка чугуна резанием:	Пыль чугунная	
токарные станки	-//-	0,0063
фрезерные станки	-//-	0,0139
сверлильные станки	-//-	0,0022
расточные станки	-//-	0,0021
Обработка резанием цветных металлов:	Пыль цветных металлов	
токарные станки	-//-	0,0025
фрезерные станки	-//-	0,0019
сверлильные станки	-//-	0,0004
расточные станки	-//-	0,0007

Таблица 5.7 – Удельные выделения (г/с) аэрозолей масла и эмульсола при механической обработке металлов с охлаждением.

Наименование технологического процесса, вид оборудования	Количество выделяющегося в атмосферу масла (эмульсола), 10^{-5} (г/с) на 1 кВт мощности станка
Обработка металлов на токарных, сверлильных, фрезерных, строгальных, протяжных, резьбонакатных, расточных станках: с охлаждением маслом	5,600
с охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола менее 3%	0,050
с охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола 3-10%	0,045
Обработка металлов на шлифовальных станках: с охлаждением маслом	8,000
с охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола менее 3%	0,104
с охлаждением эмульсией с содержанием эмульсола 3-10%	1,035
Примечание: При обработке металлов на шлифовальных станках выделяется пыль в количестве 10% от количества пыли при сухой обработке (см. пред. Табл.) При использовании СОЖ, в состав которых входит триэтанолламин, выделяется $3 \cdot 10^{-6}$ г/ч триэтанолламина на 1 кВт мощности станка	

5.2.6 Пожарная безопасность

Правила противопожарной безопасности регламентируются постановлением правительства РФ от 25.04.2012 г. № 390 (редакция от 21.03.2017 г.) «О противопожарном режиме» (вместе с «Правилами противопожарного режима в Российской Федерации») (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 26.09.2017 г.) Пожарная безопасность на организации образуется следующим образом:

- ведется журнал регистрации противопожарного инструктажа;
- устанавливается соответствующий противопожарный режим (определяются места для курения, порядок уборки и хранения горючих отходов, порядок

обесточивания электрооборудования, порядок проведения обучения и противопожарных инструктажей, закрепление пожарной техники и оборудования);

– разрабатывается план расстановки транспортных средств;

– проводится инструктаж о мерах пожарной безопасности; составляется план (схема) эвакуации при пожаре, инструкции по эвакуации.

Средствами пожаротушения являются вода, пена, газы, пар, порошковые составы и др. При тушении пожаров водой используют установки водяного пожаротушения, пожарные машины, водяные стволы (ручные и лафетные). Для подачи воды в эти установки используют специальные водопроводы. Для тушения пожаров водой в большинстве производственных и общественных зданий на внутренней водопроводной сети устанавливают внутренние пожарные краны. Пена представляет собой концентрированную эмульсию двуокиси углерода в водном растворе минеральных солей, содержащем пенообразующее вещество. Для получения воздушно-механической пены применяют воздушно-пенные стволы, генераторы пены и пенные оросители. Генераторами пены и пенными оросителями оборудуют стационарные установки водопенного тушения пожаров. При тушении пожаров газами, паром используют двуокись углерода, азот, дымовые газы и др. На каждом сварочном посту необходимо иметь огнетушитель, бачок или ведро с водой, а также ящик с песком и лопатой. После окончания сварочных работ необходимо проверять рабочее помещение и зону, где выполнялись сварочные работы, и не оставлять открытого пламени и тлеющих предметов.

Выбор огнетушителей

Выбор огнетушителей Типы и количество огнетушителей выбирается по нормам оснащения помещений ручными огнетушителями (таблица 00). При этом учитывается класс пожара, категория помещения по пожарной и взрывопожарной. Классы пожаров подразделяются следующим образом:

А – пожары твердых веществ, в основном с горением органики;

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

дифференциалов допускается водитель с водительским удостоверением категории С.

К ремонту и обслуживанию автомобиля УРАЛ – 6370 с автоматической системой подключения полного привода и блокировки межколесного и межосевого дифференциалов допускаются специалисты имеющие профильное образование и прошедшие специальную подготовку.

Производить замену масла в ведущем мосту и раздаточной коробке необходимо при ТО–2, при сезонных ТО, после пробега 50 тыс. км, но не реже 1 раза в год.

При смене масла необходимо промыть картеры дизельным топливом, а магниты сливных пробок очистить от металлических отложений, а также промыть сапуны дизельным топливом и продуть их сжатым воздухом. Масло сливать, вывернув пробки контрольных и заливных отверстий. Перед сливом масла необходимо прогреть агрегаты (мост и раздаточная коробка прогреваются при движении автомобиля).

Выводы по разделу пять

В разделе безопасность жизнедеятельности выпускной квалификационной работы представлена область применения данного изделия. Даны рекомендации по допустимым значениям производственного шума, вибрации, освещения, микроклимата предельно-допустимых веществ в воздухе на производстве. Проведена идентификация опасностей и оценка рисков. Сформулированы меры направленные на снижение риска. Сформулированы требования безопасности.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был разработан механизм распределения мощности в трансмиссии грузового автомобиля УРАЛ – 6370, путем внедрения кулачковых муфт подключения переднего моста и блокировок дифференциалов в раздаточную коробку и передний ведущий мост.

В процессе работы были сконструированы основные сборочные единицы и детали составных частей узлов подключения переднего моста и блокировок межколесного и межосевого дифференциалов, проведены расчеты на прочность.

В экономической части произведен анализ прогрессивности и технологичности проектируемой конструкции, в сравнение с серийным изделием.

Инновационный автоматический механизм подключения полного привода и блокировки межколесного и межосевого дифференциалов трансмиссии кулачковыми муфтами с внешним управлением не имеет аналогов в отечественном и зарубежном автомобилестроении в области полноприводных грузовых автомобилей. Управляемая электронным блоком система позволяет автоматически блокировать дифференциал согласно дорожным условиям; этот же электронный блок должен выполнять функции ПБС (противобуксовочной системы).

Такое техническое решение необходимо как для роботизированных транспортных средств, так и для коммерческого транспорта, а так же для решения задач МЧС и МО. Учитывая большое количество задач и грузоперевозок, осуществляемых в сложных дорожных условиях, и климатические особенности России осуществление данной технической задачи является необходимым этапом развития отечественной техники.

Для коммерческого транспорта автоматическая система подключения полного привода и блокировки межколесного и межосевого дифференциалов трансмиссии позволит снизить стоимость владения автомобилем и повысит эффективность грузоперевозок в сложных дорожных условиях за счёт: увеличения средней скорости движения и снижения расхода топлива, увеличения межсервисного интервала, повышения ресурса и надёжности двигателя и трансмиссии, снижения

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

тепловой нагруженности двигателя и трансмиссии, уменьшения динамических нагрузок на трансмиссию, предотвращения поломки трансмиссии при заблокированных дифференциалах при выезде автомобиля на дорогу с высоким коэффициентом сцепления, повышения проходимости, уменьшения утомления водителя.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 <https://trucksreview.ru/ural/ural-6370-tehnicheskie-harakteristiki.html>.
- 2 <http://www.uralpromteh.ru>
- 3 Отраслевой стандарт: ОСТ 37.001.432–86: Дифференциалы автомобилей. Термины и определения: введ. в действие с 01.07.87
Текст Центр. научн.–исслед. Автомобил. И автомотор. Ин–т (НАМИ). – бс.
- 4 Габай, Е.В. К вопросу выбора самоблокирующегося межколёсного дифференциала (МКД) для колёсного АТС повышенной проходимости / Е.В. Габай // Журнал автомобильных инженеров. –2013. – №3 (80) – С. 47–54.
- 5 Келлер, А. В. Принципы и методы распределения мощности между ведущими колесами автомобильных базовых шасси: монография / А. В. Келлер, И.А. Мурог. – Челябинск: ЧВВАКИУ – 2009. – С. 224.
- 6 Осепчугов, В.В., Автомобиль. Анализ конструкций. Элементы расчета: учебное пособие / В.В. Осепчугов. – М.: Машиностроение, 1989.
- 7 https://fastmb.ru/auto_shem/793-polnyy-privod-xdrive-ot-kompanii-bmw.html
- 8 Чернавский, С. А. Проектирование механических передач: учебное пособие / С.А. Чернавский. – М.: Машиностроение , 1989.
- 9 Заслонов, В.Г. Организационно – экономическая часть дипломного проекта: учебное пособие / В.Г. Заслонов. – Челябинск: Изд–во ЮУрГУ, 2009. – 95 с.
- 10 Безопасность жизнедеятельности: методические указания к дипломному проекту / составители А.В.Хашковский, И.П.Палатинская, – Челябинск: Изд–во ЮУрГУ, 2010. – 50 с.
- 11 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

- 12 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению: справ. пособие / Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
- 13 ГОСТ 7796–70. Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности В. Конструкция и размеры. Москва: Государственный Стандарт Союза ССР, Переиздан 1998. – 7с.
- 14 ГОСТ 7798–70. Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности В. Конструкция и размеры. Москва: ИПК Издательство стандартов, 1970. – 11 с.
- 15 ГОСТ 6402–70. Шайбы пружинные. Технические условия. Москва: Государственный Стандарт Союза ССР, 1970. – 8 с.
- 16 ГОСТ 397–79. Шпильки. Технические условия. Москва: Стандартиформ, 2005. – 6 с.
- 17 ГОСТ 26645–85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. ГОСТ 2009–55 Текст М-во автомобил. пром-сти СССР и др. – 54с.
- 18 ГОСТ 30893.2–2002 (ИСО 2768–2–89). Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Допуски формы и расположения поверхностей, не указанные индивидуально. Текст Науч.-исслед. и конструктор. ин-т средств измерения в машиностроении (ОАО «НИИИзмерения»). – 7 с.
- 19 Отраслевой стандарт ОСТ 37.001.246–82. Неуказанные предельные отклонения размеров. Допуски и формы и расположения поверхностей. 87 Текст Центр. научн.-исслед. Автомобил. И автотор. Ин-т (НАМИ). – 15 с.
- 20 ГОСТ 4543–71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. ИПК издательство стандартов 1996. – 17с.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

- 21 ОСТ 37.001.172–92. Шплинт–проволока. Размеры и технические требования. — Взамен ОСТ 37.001.172–75; введ. 1992 07 26. — Москва: Тип. Центросоюза, 1992. — 7с.
- 22 ГОСТ 5916–70. Гайки шестигранные низкие класса точности В. Конструкция и размеры. — Взамен ГОСТ 5916–62; введ. 1972 01 01. — Москва: ИПК Издательство стандартов, 1999. — 9с.
- 23 ГОСТ 397–79. Шплинты. Технические условия. М.: Изд–во: Стандартиформ, 2005. – 6 с.
- 24 ГОСТ 520–2011. Подшипники качения. Общие технические условия. М.: Изд–во: Стандартиформ, 2012. – 69 с.
- 25 ГОСТ 4751–73. Рым–болты. Технические условия. М. Изд–во стандартов, 1974. – 10 с.
- 26 ОСТ 37.001.172–92 Шплинт–проволока. Размеры и технические требования. — Тольяти: ОАО НВП "ИТЦ АВТО", 2006. — 261с.
- 27 ГОСТ 9833–61 в части технических требований; введ . 1975–01–01. М.: Изд–во: Стандартиформ, 1975. – 35 с.
- 28 ГОСТ 6678–72. Манжеты резиновые уплотнительные для пневматических устройств. Технические условия. — Взамен ГОСТ 6678–53 и МН 5580–64; введ . 1974–01–01. М.: Изд–во: Стандартиформ, 1974. – 19 с.
- 29 ГОСТ 18829–73. Кольца резиновые уплотнительные круглого сечения для гидравлических и пневматических устройств. Технические условия. — Взамен ГОСТ 9833–61 в части технических требований; введ . 1975–01–01. — Тольяти: ОАО НВП "ИТЦ АВТО", 2006. — 69с.
- 30 ГОСТ 4543–2016 Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. — Взамен ГОСТ 4543–73; введ . 2017–01–13. — . М.: Стандартиформ, 2017 год, — 40с.

					23.05.02.2017.881.00.00 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		103