

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка колёсной муфты с дистанционным управлением для автомобиля

УАЗ HUNTER

Обучающийся

С.А. Письменный

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. филол. наук, доцент О.В. Мурдускина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка колёсной муфты с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER».

Цель работы – разработка колёсной муфты с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 84 страницы с приложениями.

Графическая часть представлена 10 листами формата А1, выполненными в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D.

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В первом разделе рассмотрены способы повышения параметров проходимости автомобиля, выполнен анализ способов подключения ведущих колёс.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля УАЗ HUNTER.

В третьем разделе рассмотрены требования к механизму подключения колёс, разработана кинематическая схема подключения колёс, выполнены конструкторские расчеты, отдельно выполнен прочностной расчёт наиболее нагруженных деталей в ступице ведущего моста.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки колёсной муфты с дистанционным управлением.

В пятом разделе рассмотрены вопросы напрямую связанные с обеспечением безопасности и экологичности проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

Abstract

The title of the graduation project is: «The development of a wheel clutch with remote control for the «UAZ HUNTER» car».

The graduation project consists of: an introduction, six general parts, a conclusion, a list of references, appendices and a graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the graduation project is the design of the remote-controlled wheel clutch for quick connection/ disconnection of the front wheels to the driveshafts of the «UAZ HUNTER» vehicle, in particular, the disconnection of the driveshaft and the wheel hub.

We touch upon the problem of development the design of the wheel clutch in order to minimize the deterioration of vehicle parts and to reduce the fuel consumption. The wheel hubs disconnect the front wheels of the car from the transmission and from the front driveshafts.

The aim of the work is to develop the design of a wheel clutch with remote control for the «UAZ HUNTER» car.

The graduation project may be divided into several logically connected parts, which are:

The study of the main methods of increasing the vehicles cross-country ability; the analysis of the ways to connect the driving wheels; the traction-dynamic calculation of the «UAZ HUNTER» car; the consideration of the requirements for the wheel connection mechanism; the development of the kinematic scheme for connecting wheels; the design calculations; the strength calculation of the most loaded parts in the hub of the drive axle; the determination of the organizational form of assembly of the wheel clutch with the remote control, its technological process and labor intensity.

We also examine the safety and environmental friendliness issues of the project.

Finally, we calculate the economic efficiency of the project.

This graduation project has a practical application for tuning stations and garage repair workshops.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	8
1.1 Способы повышения параметров проходимости автомобиля	8
1.2 Анализ способов подключения ведущих колёс	12
1.3 Выбор способа подключения ведущих колёс	18
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	20
2.1 Техническая характеристика автомобиля УАЗ-31519	20
2.2 Расчет и построение внешней скоростной характеристики	21
2.3 Расчет и построение тяговой части паспорта.....	25
2.4 Прогноз тяговой динамичности и эффективности автомобиля в выбранных условиях.....	30
3 Конструкторская часть	33
3.1 Требования к механизму подключения колёс.....	33
3.2 Разработка кинематической схемы подключения колёс	33
3.3 Расчёт передаточных чисел в ступице ведущего колеса с подключением муфтами с дистанционным управлением	34
3.4 Расчёт цилиндрической передачи в ступице ведущего колеса с подключением муфты с дистанционным управлением	35
3.5 Прочностной расчёт наиболее нагруженных деталей в ступице ведущего моста с подключенными муфтами с дистанционным управлением	41
4 Технологический раздел.....	47
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	48
4.2 Проектирование технологического процесса сборки колёсной муфты с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER	51
5 Производственная и экологическая безопасность проекта	54

5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	55
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	56
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	58
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	64
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER.....	67
6 Экономическая эффективность проекта.....	70
Заключение	78
Список используемой литературы и используемых источников.....	79
Приложение А. Спецификация.....	84

Введение

Автомобильные дороги представляют собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для обеспечения круглогодичного, непрерывного, удобного и безопасного движения автомобилей с расчетной нагрузкой и установленными скоростями в любое время года и в любых условиях погоды. В состав этого комплекса входят земляное полотно, дорожная одежда, мосты, трубы и другие искусственные сооружения, обустройство дорог и защитные дорожные сооружения, здания и сооружения дорожных и автотранспортных служб.

Параметры и состояние всех элементов дороги и дорожных сооружений определяют технический уровень и эксплуатационное состояние дороги.

«Транспорт – одна из отраслей народного хозяйства. Включает в себя различные виды транспорта, такие как автомобильный, железнодорожный, водный, воздушный. Транспорт не производит никакой продукции, но без него невозможно функционирование всех других отраслей народного хозяйства, поэтому материальным продуктом транспортного процесса следует считать вещественное перемещение грузов» [16].

Эксплуатационные свойства автомобиля это группа свойств, определяющих возможность его эффективного использования, а также степень его приспособленности к эксплуатации в качестве транспортного средства.

Данная ВКР выполнена на тему: «Разработка колёсной муфты с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER».

«Под проходимостью понимается способность автомобиля перевозить с высокой средней скоростью груз, пассажиров или специальное оборудование в тяжелых дорожных или внедорожных условиях. Проходимость автомобиля – комплексное свойство, характеризующее его подвижность и экономичность. Оно неразрывно связано со способностью

автомобиля наиболее эффективно выполнять транспортную работу в заданных дорожных условиях» [25].

«По уровню проходимости автомобили принято делить на три категории: ограниченной, повышенной и высокой проходимости» [21].

«Автомобили ограниченной проходимости (дорожные автомобили) предназначены для эксплуатации на дорогах с твердым покрытием и грунтовых дорогах в сухое время года. При использовании дополнительных средств (цепи противоскольжения, арочные шины) они могут работать и в более сложных условиях. Сюда относятся неполноприводные автомобили типа 4×2, 6×2, 6×4, 8×4.

Автомобили повышенной проходимости конструктивно незначительно отличаются от дорожных. Как правило, такие автомобили создаются на базе дорожных, а повышение проходимости обеспечивается приводом на все колеса, постановкой дополнительной раздаточной коробки, использованием шин с пониженным или регулируемым давлением воздуха. В некоторых случаях устанавливают блокируемые дифференциалы или дифференциалы повышенного трения, лебедки и другие приспособления для преодоления препятствий» [1].

«Автомобили высокой проходимости создаются специально для работы в условиях бездорожья, они должны обладать способностью преодолевать встречающиеся на местности препятствия: канавы, вертикальные уступы, подъемы и др.

Кроме повышенной проходимости у полноприводных автомобилей лучше такие показатели как устойчивость, управляемость и безопасность автомобиля» [16].

Само собой, понятие проходимости применимо к абсолютно любому автомобилю. Так и хочется добавить: просто у одних она лучше, у других – хуже. На самом деле проходимость – понятие настолько многоплановое.

В данном конкретном случае нас интересует полноприводная схема трансмиссии с возможностью отключения колёс.

1 Состояние вопроса

1.1 Способы повышения параметров проходимости автомобиля

На проходимость автомобиля оказывают влияние следующие конструктивные и эксплуатационные факторы:

- тип и колея колес,
- тип подвески автомобиля,
- использование гидropередач и раздаточной коробки передач,
- и прочее.

Предлагаю далее более подробно рассмотреть факторы влияющие на проходимость автомобиля.

«Тип колес.

Ведущее колесо преодолевает вертикальное препятствие лучше, чем ведомое. Это происходит потому, что ведущее колесо стремится преодолеть вертикальное препятствие, а ведомое колесо только упирается в него.

Согласно проведенным исследованиям установлено, что для переднего ведомого колеса высота преодолеваемого вертикального препятствия $h_k = 2/3 z_k$. При высоте препятствия $h_{np} = z_k$ переднее ведомое колесо не может преодолеть его даже при очень большой толкающей силе P_x » [22].

Колея колес.

«Соотношение между колеями передних и задних колес автомобиля имеет важное значение при движении по мягким грунтам. Несовпадение колеи передних и задних колес приводит к увеличению сопротивления движению, и наоборот. При совпадении колеи передних и задних колес проходимость повышается, так как передние колеса образуют в грунте колею, а задние колеса движутся по уже уплотненному грунту колеи.

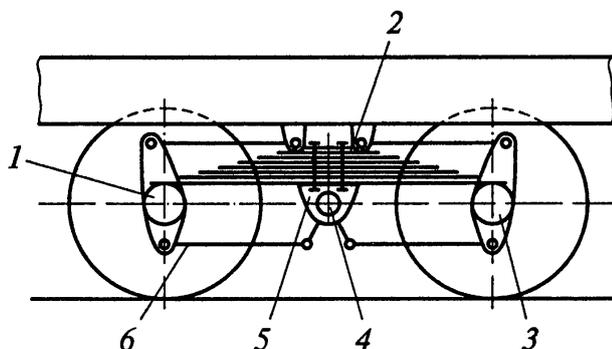
Обычно колеи передних и задних колес не совпадают у автомобилей с передними односкатными и задними двухскатными колесами. Несовпадение колеи возможно и у автомобилей со всеми односкатными колесами. Для

таких автомобилей разница в ширине колеи передних и задних колес не должна превышать 25...30% ширины шины, иначе проходимость существенно ухудшится» [22].

Тип подвески колес.

«При движении по пересеченной местности автомобилями с колесными формулами 6×4 и 6×6 для исключения возможности отрыва колес от грунта применяют балансирующую (рисунок 1) или независимую подвеску.

Как известно, при использовании таких подвесок колеса лучше приспособляются к неровностям поверхности, и проходимость автомобиля повышается» [22].



1, 3 – ведущие мосты; 2 – рессора; 4 – ось; 5 – ступица; 6 – штанга

Рисунок 1 – Схема балансирующей подвески колес автомобиля

Гидропередача и раздаточная коробка.

«Применение коробок с понижающими передачами существенно повышает проходимость автомобиля особенно по мягким и влажным грунтам. Благодаря их применению достигается минимальная скорость движения (0,5...1,5 км/ч) и ее плавное изменение. Это обеспечивает непрерывное движение в тяжелых дорожных условиях, что очень важно, так как автомобиль часто останавливается в момент переключения передач» [3].

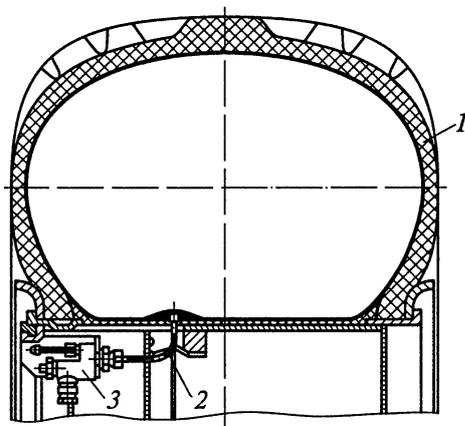
Тип дифференциала.

«Конический симметричный дифференциал уменьшает проходимость автомобиля, так как распределяет поровну между ведущими колесами

крутящий момент, а тяговая сила на них определяется колесом с меньшим сцеплением. Это дифференциал малого трения. Трение в дифференциале позволяет передавать больший крутящий момент на небуксующее колесо и меньший – на буксующее. При использовании конического дифференциала суммарная тяговая сила на ведущих колесах возрастает за счет трения на 6%. Червячный и кулачковый дифференциалы увеличивают проходимость автомобиля. Они являются дифференциалами повышенного трения. В случае их применения суммарная тяговая сила на ведущих колесах возрастает на 10...15%» [22].

«Блокируемые дифференциалы еще больше увеличивают проходимость автомобиля. При использовании таких дифференциалов суммарная тяговая сила на ведущих колесах возрастает на 20...25%» [23].

«Регулирование давления воздуха в шинах. Благодаря регулированию давления воздуха в шинах (рисунок 2) существенно повышается проходимость автомобилей в тяжелых дорожных условиях и по бездорожью. В зависимости от дорожных условий давление воздуха в шинах может меняться в пределах 0,05...0,35 МПа. Поэтому проходимость автомобиля, оборудованного шинами с регулируемым (переменным) давлением воздуха, в отдельных случаях приближается к проходимости гусеничных машин» [1].



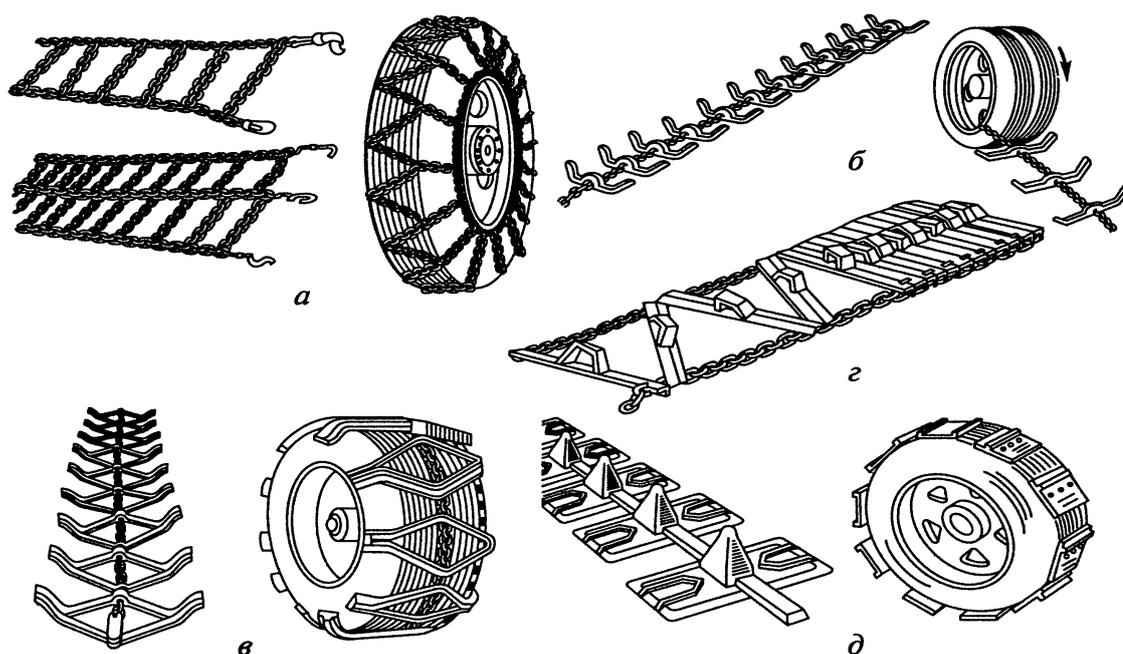
1 – широкопрофильная шина; 2 – вентиль камеры; 3- запорный кран колеса

Рисунок 2 – Колесо с регулированием давления воздуха в шине

Устройства для самовытаскивания.

«Применение самовытаскивающих устройств (лебедки с приводом от коробки отбора мощности, лебедки самовытаскивания, монтируемые на ведущие колеса, и другие) позволяют значительно повысить проходимость автомобиля при преодолении особо тяжелых участков дороги» [1].

Цепи противоскольжения представлены на рисунке 3.



а – мелкозвенчатые; б – с прямыми траками; в – с ромбовидными траками; г – браслетная; д – с широкими траками

Рисунок 3 – Цепи противоскольжения

«При установке на ведущие колеса автомобиля цепей противоскольжения различного типа (витые, браслетные, траковые, гусеничные) возрастает площадь поверхности зацепления колес с дорогой, что способствует увеличению тяговой силы и повышению проходимости.

Однако цепи противоскольжения следует использовать только для временного повышения проходимости автомобиля на тяжелых участках пути. При движении на твердых дорогах их необходимо снимать» [22].

1.2 Анализ способов подключения ведущих колёс

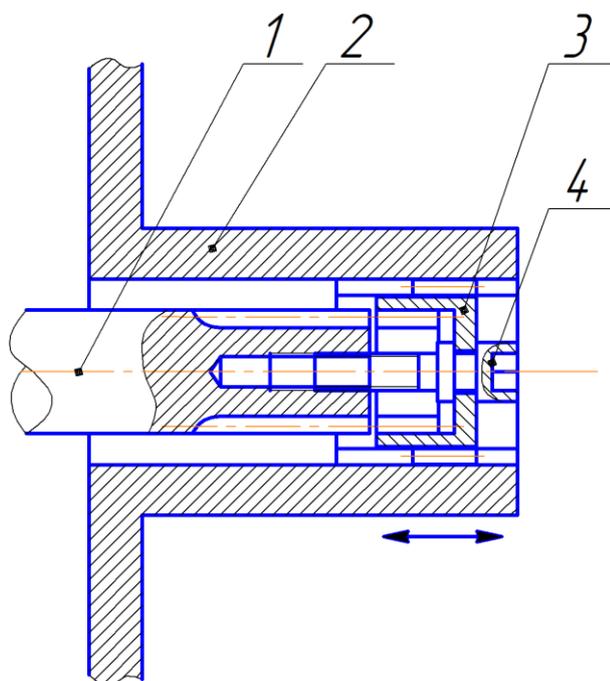
Одним из основных способов подключения передних ведущих колёс – это применение колёсных муфт (хабов).

На внедорожниках обычно устанавливаются муфты трех типов:

- ручные,
- автоматические,
- дистанционные (электрические, электрогидравлические, пневматические и так далее).

«Ручными муфтами с завода машины комплектовались редко, хотя на сегодняшний день именно ручные муфты наиболее надёжны. Они имеются в свободной продаже и возможность ими заменить свои не составляет проблем» [24].

Одной из самых простых схем механической ручной колёсной муфты можно представить в виде рисунка 4.



1 – приводной вал; 2 – ступица колеса; 3 – зубчатая муфта; 4 – винт включения

Рисунок 4 – Механическая колёсная муфта

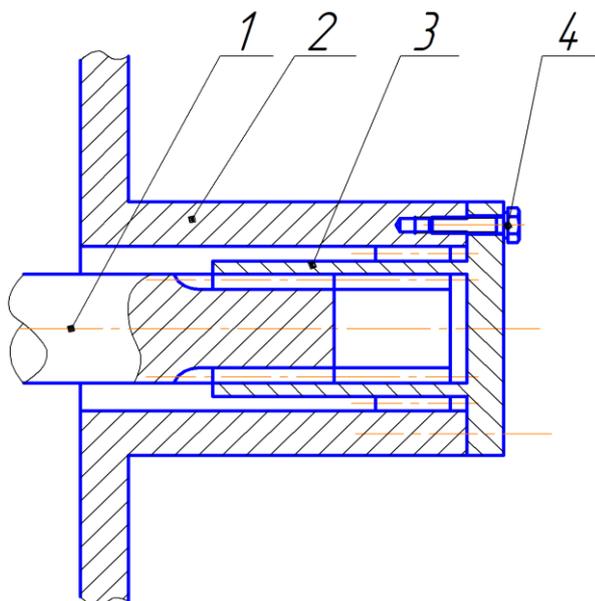
«При перемещении зубчатой муфты 3 влево или вправо винтом 4 можно связывать между собой ступицу колеса 2 и приводной вал. Такая схема встречается на большинстве отечественных внедорожниках.

К основным преимуществам можно отнести: надёжность, простота, дешевизна исполнения.

Недостатком является большие удельные затраты времени на переключение» [24].

Зачастую для упрощения конструкции подобную конструкцию муфт включения ведущих колёс делают заглушенной (рисунок 5).

«Данная конструкция устанавливается на некоторые отечественные автомобили. Конструкция достаточно проста и практична, но отключение муфты занимает большее время» [24].



1 – приводной вал; 2 – ступица колеса; 3 – зубчатая муфта; 4 – болты

Рисунок 5 – Заглушенная колёсная муфта

«К преимуществам можно отнести: надёжность, простота, дешевизна исполнения. А к недостаткам: большие удельные затраты времени на переключение» [24].

Ещё одну конструкцию механической ручной муфты представим в виде рисунка 6.

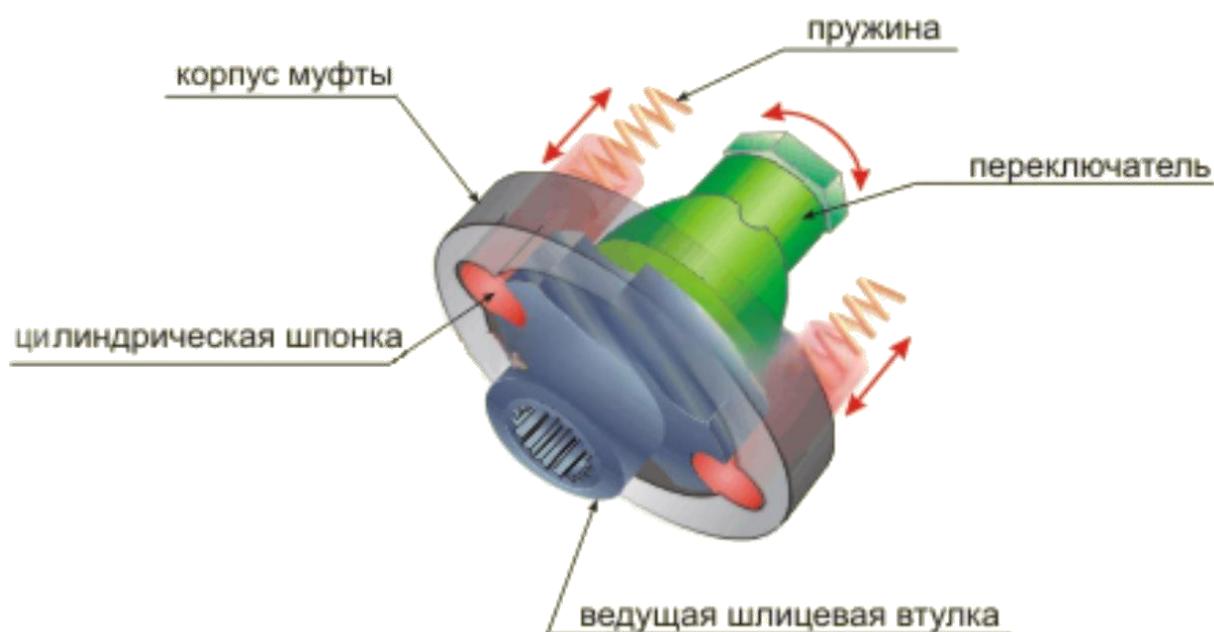


Рисунок 6 – Шпоночная механическая колёсная муфта

«Соединение ведущей шлицевой втулки с корпусом муфты происходит с помощью подвижных цилиндрических шпонок. Благодаря большой площади контакта цилиндрических поверхностей шпонок и применение легированных закалённых сталей в производстве муфт позволяет им передавать критические крутящие моменты к колесу без опасения повреждения механизма. Большая длина шпонки по сравнению с её диаметром, независимое движение шпонок под действием мощных пружин даёт гарантию чёткого включения (и выключения) хаба, нетребовательность к виду смазки и к её количеству» [24].

К преимуществам можно отнести быстроту включения, а к недостаткам: сложность конструкции, дороговизну, низкую надёжность.

Ведущая шлицевая втулка вращается на мощном шариковом подшипнике, ручка переключателя защищена надёжным сальником от попадания в середину воды и грязи. Ну а чтобы не запачкать руки при

включении-выключении хаба, имеется специальный ключ для ручки переключателя.

«Автоматическими муфтами комплектовались с завода практически все иностранные машины. Принцип действия автоматических муфт заключается в том, что когда крутящий момент подается на передний карданный вал (подключили полный привод), шрусы начинают вращаться. Тут в работу вступают автоматические муфты, которые осуществляют блокировку. Для вывода из зацепления муфты и шруса необходимо остановиться, выключить полный привод, сдать назад 3...5 м для того, чтобы окончательно вывести из зацепления ступицу и хаб. В противном случае отключится передний карданный вал от заднего. Полного привода не будет, но весь передний мост будет вращаться в холостую. На первый взгляд вроде все замечательно даже из машины выходить не надо. Но к сожалению минусов гораздо больше чем плюсов:

- в муфте при езде на заднем приводе друг об друга стачиваются силуминовое (на Kia Sportage) кольцо-трёхшиповик и пластиковая обойма механизма зацепления муфты, и в самый ответственный момент, когда необходим полный привод, его не будет потому, что кольцу хаба не будет хватать хода для обеспечения зацепления ШРУС-МУФТА-КОЛЕСО;
- автоматические муфты не обеспечивают 100% блокировку. При неудачной попытке въехать в горку, с последующим скатыванием, автоматические хабы будут 100% отключены» [24].

«Таким образом, в некоторых случаях они могут выключиться, и полного привода не будет до тех пор пока машина не проедет вперед или назад до зацепления хаба с ШРУСом. Если это произойдет в размокшей глине, то вы можете крепко засесть и вполне возможно, что у Вас не будет этих 1...2 метров, необходимых для зацепления хабов» [24].

Один из самых распространённых видов муфт – муфты фирмы Nissan, автомобиль Terrano (рисунок 7).

«Внутри корпуса хаба вложен механизм из двух муфт, размещенных одна внутри другой. Внутренняя муфта сидит на шлицах вала ШРУСа и может вращаться только вместе с ним. Внешняя муфта может свободно вращаться, опираясь на стопорное кольцо и упорный шариковый подшипник. Но свобода ее вращения ограничена трением между фрикционными «А» и «В». Фрикцион «А» сцеплен с муфтой, а фрикцион «В» вращаться не может (закреплен неподвижно)» [24].

«На внешнем (обращенном к крышке корпуса хаба) торце внутренней муфты есть зубчатый венец. А в крышке – ответная зубчатая «корона». Поскольку корпус жестко закреплен 6 болтами к ступице колеса, а внутренняя муфта вращается вместе с ШРУСом – чтобы передать вращение от привода (ШРУСа) на ступицу, надо выдвинуть муфту и ввести зубчатый венец в зацепление с шестерней. Это происходит благодаря кулачкам на внутренней муфте и ответным пазам на внешней» [24].

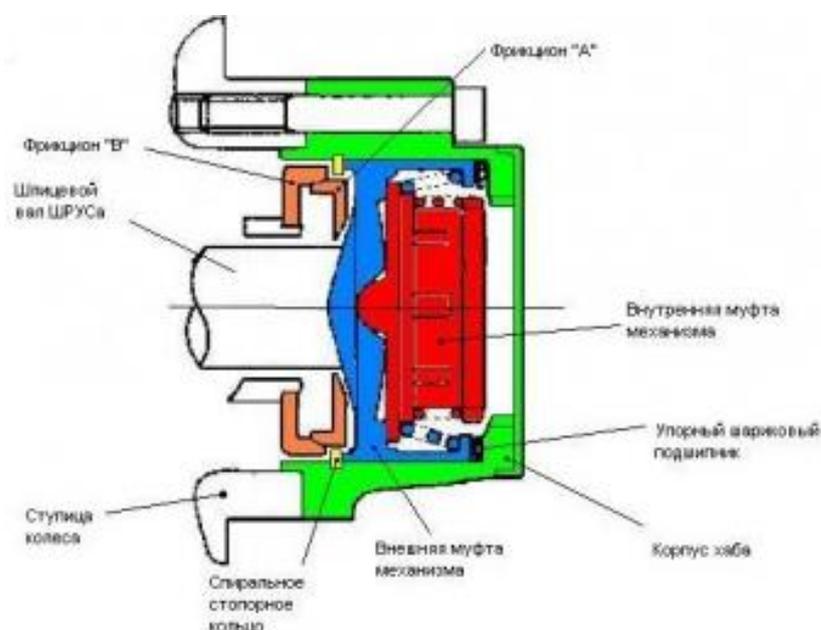


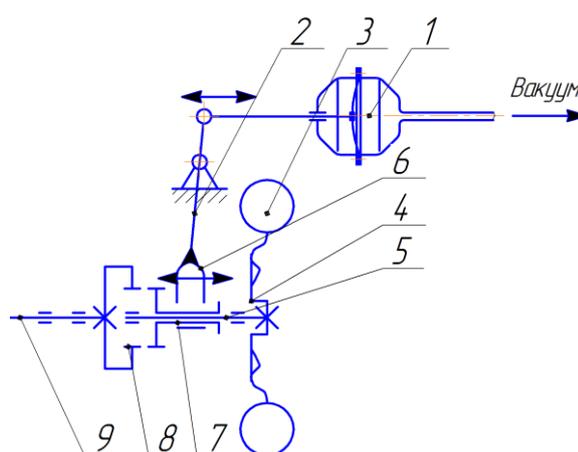
Рисунок 7 – Автоматическая колёсная муфта фирмы Nissan

К преимуществам можно отнести быстроту включения, а к недостаткам: сложность конструкции, относительная дороговизна, низкая надёжность.

Вакуумные муфты «верх совершенства». Ими машины комплектовались реже, чем автоматическими, но тоже довольно часто (рисунок 8).

«Механизм работы вакуумных хабов на самом деле является передовым. Когда водитель подключает полный привод, подается электронный сигнал на вакуумный насос, который берет разрежение из входного коллектора, и по системе трубок отсасывает воздух из хаба, что приводит к его приближению к ступице и соответственно блокировке. При отключении происходит обратный процесс – подается воздух и хабы отсоединяются от ступиц, машина переходит в заднеприводный режим. Соответственно все делается автоматически и не надо сдавать назад после отключения полного привода.

Но тут есть и недостатки. Вся система вакуумных хабов зависит от герметичности трубок и сальников. Они быстро изнашиваются и начинают подкачивать воздух, воду, грязь и так далее. Результат сказывается незамедлительно – муфты перестают сначала полностью блокировать, а затем вообще разрежения не будет хватать, даже на то, чтобы сдвинуть их с места» [24].



1 – камера; 2 – рычаг; 3 – колесо; 4 – ступица колеса; 5 – приводной вал;
6 – вилка; 7 – шлицевая муфта с шестерней; 8 – колесо; 9 – вал ведущий (установлен после ШРУСа)

Рисунок 8 – Пневматическая колёсная муфта

«В результате можно сделать следующие выводы:

- если Вам постоянно нужен полный привод, и очень много времени Вы проводите на бездорожье, то лучше установить ручные хабы;
- если большую часть времени Вы проводите в городе, то для Вас достаточно автоматических хабов;
- вакуумные муфты устанавливаются на многие новые машины.

Муфта, включаемая вручную, надежно подключает приводы колес. Она дает 100% гарантию, что в грязи, при раскочке машины у Вас не отключится передок. Это выбор настоящего любителя бездорожья. Достоинства данного типа перекрывают всего один недостаток – для включения/отключения колес необходимо выйти из машины, а машина не всегда стоит в чистом и теплом месте.

Муфты, подключаемые автоматически, не заставляют владельца покидать уютный и теплый салон, но на заезженных фрикционах есть шанс остаться с приводом только на задние колеса в грязной жиже. Изношенные муфты имеют тенденцию плохо и нечетко включаться. Однако редко встречаются обладатели автоматов, которые мечтали бы поставить себе муфты с ручным включением» [24].

1.3 Выбор способа подключения ведущих колёс

«Классическая схема полного привода, при которой крутящий момент от продольно установленного спереди двигателя распределяется через раздаточную коробку к ведущим мостам с помощью карданных валов, применяется наиболее широко. Все более сильные позиции занимает постоянно действующий привод всех колес вместо подключаемого моста для преодоления труднопроходимых участков» [25].

«С целью снижения расхода топлива у таких автомобилей при движении по хорошим дорогам и полного исключения необходимости в каких-либо действиях водителя, отвлекающих его внимание, разработаны и

предлагаются на внедорожниках автоматические системы подключения второго ведущего моста в случае необходимости.

Наряду с отключением одного из ведущих мостов снижения потерь в трансмиссии, а значит, и расхода топлива добиваются введением в конструкцию ступиц передних колес специальных муфт, которые разъединяют колеса с полуосью. В старых конструкциях для этого водителю необходимо было выйти из машины и вручную повернуть маховички муфт на колесах, в новых разьединение происходит автоматически при выключении привода к ведущему мосту» [21].

«Постоянно действующий привод на все колеса, не обходится без блокируемого межосевого дифференциала, устанавливаемого в раздаточной коробке. Он устраняет дополнительные внутренние нагрузки в трансмиссии, возникающие при перекачивании колес через неровности, или при пробуксовке одной пары колес. Блокировка дифференциала позволяет избежать нежелательного эффекта, когда пробуксовка одного колеса остановит вращение остальных трех. При буксовании одного из колес в песке, грязи или на льду это несложное устройство оказывает неоценимую услугу, если будет вовремя включено водителем. Для того чтобы избавиться и от этой заботы, на ряд автомобилей устанавливают самоблокирующиеся дифференциалы, работающие без участия человека.

Важно помнить о том, что принудительно включаемый привод одной из ведущих осей требует применения его только на бездорожье или на скользкой дороге. Так как при повороте передние колеса проходят большие расстояния, чем задние, на дорогах с твердым покрытием такая трансмиссия требует отключения второй ведущей оси, иначе возникнет, в лучшем случае, повышенный износ шин, в худшем – произойдет потеря сцепления шин с дорогой» [22].

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены способы повышения параметров проходимости автомобиля, выполнен анализ способов подключения ведущих колёс.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

2.1 Техническая характеристика автомобиля УАЗ-31519

Автомобиль УАЗ-31519 (рисунок 9) – грузопассажирский автомобиль повышенной проходимости.

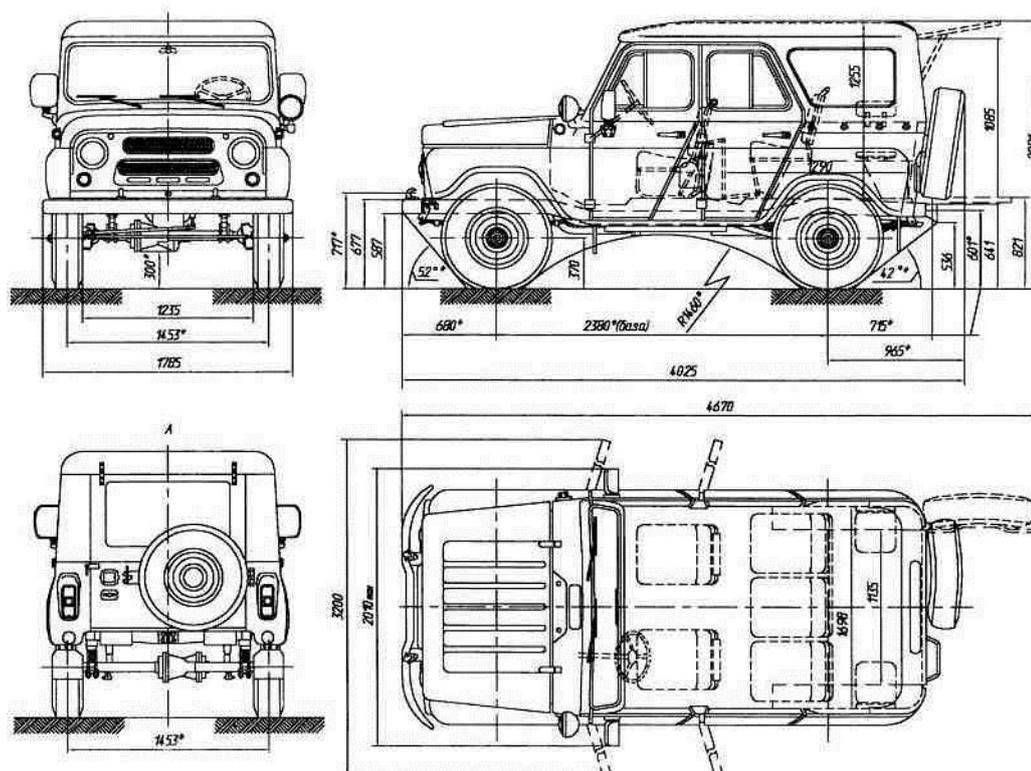


Рисунок 9 – Автомобиль УАЗ-31519

Автомобиль УАЗ-31519 предназначен для перевозки пассажиров и грузов по дорогам общей сети и местности и рассчитаны на эксплуатацию с температурой окружающего воздуха от -45 до $+50^{\circ}\text{C}$.

Категория АТС – М1, используются для перевозки пассажиров и имеющие не более 8 мест (кроме места водителя).

Расшифровка модели УАЗ-31519:

- 3 – рабочий объем двигателя средний от 1,8 л до 3,5л;
- 1 – легковой автомобиль;

– 51 – порядковый номер модели

Максимальная скорость, км/ч:.....	110;
Полная масса автомобиля, кг:.....	1770;
Размер шин:.....	215 SR 15;
Размер дисков:.....	6L×15;
Расположение двигателя:.....	спереди, продольно;
Объем двигателя, см ³ :.....	2450;
Мощность двигателя, л.с:.....	90;
Количество оборотов, об/мин:	4000;
Крутящий момент, Н·м/об/мин.....	171,6/2200;
Передняя подвеска:.....	неразъемная балка моста;
Задняя подвеска:.....	неразъемная балка моста;
Тип кузова:.....	универсал;
Количество мест:	7;
Длина машины, мм:.....	4025;
Ширина машины, мм:.....	1785;
Высота машины, мм:.....	2050;
Колесная база, мм:.....	2380;
Колея передняя, мм:.....	1453;
Колея задняя, мм:.....	1453;
Дорожный просвет (клиренс), мм:	300.

2.2 Расчет и построение внешней скоростной характеристики

При найденных значениях максимальной мощности двигателя $N_{e,max}$ равной 66 кВт при частоте вращения коленчатого вала n_N равной 4000 мин⁻¹ и максимального крутящего момента M_{emax} равной 0,172 Н·м при частоте вращения коленчатого вала n_m равной 2400 мин⁻¹ определяем:

– мощность при максимальном крутящем моменте:

$$N_{e,m} = 0,105 \cdot M_{e\max} \cdot n_m, \quad (1)$$

$$N_{e,m} = 0,105 \cdot 0,172 \cdot 2400 = 3,34 \text{ кВт.}$$

– крутящий момент при максимальной мощности:

$$M_{e,N} = \frac{N_{e\max}}{0,105 \cdot n_N}, \quad (2)$$

$$M_{e,N} = \frac{66}{0,105 \cdot 4000} = 0,157 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

– коэффициенты приспособляемости к допустимой кратковременной перегрузке:

$$k_M = \frac{M_{e\max}}{M_{eM}}, \quad (3)$$

$$k_M = \frac{0,172}{0,157} = 1,096 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

и уменьшению угловой скорости:

$$k_\omega = \frac{n_N}{n_M}, \quad (4)$$

$$k_\omega = \frac{4000}{2400} = 1,667.$$

а также коэффициенты:

$$a = \frac{k_M k_\omega (2 - k_\omega) - 1}{k_\omega (2 - k_\omega) - 1}, \quad (5)$$

$$a = \frac{1,096 \cdot 1,667 \cdot (2 - 1,667) - 1}{1,667 (2 - 1,667) - 1} = 0,88,$$

$$b = \frac{1-a}{1-0,5 \cdot k_{\omega}}, \quad (6)$$

$$b = \frac{1-0,88}{1-0,5 \cdot 1,667} = 0,721,$$

$$c = k_{\omega} \cdot \frac{b}{2}, \quad (7)$$

$$c = 1,667 \cdot \frac{0,721}{2} = 0,601.$$

Составляем таблицу 1 и заносим в нее найденные, принятые или рассчитанные значения.

Принимаем и записываем в таблицу 1 удобные значения $n > n_M$ и $n < n_N$, отмечаем их на графике и подставляем в формулу:

$$M_{en} = M_{eN} \left[a + b \frac{n}{n_N} - c \left(\frac{n}{n_N} \right)^2 \right] K_p, \quad (8)$$

где K_p – коэффициент коррекции, принимается равным 0,970.

$$M_{en} = 0,157 \cdot \left[0,88 + 0,721 \cdot \frac{1600}{4000} - 0,601 \cdot \left(\frac{1600}{4000} \right)^2 \right] \cdot 0,97 = 0,163 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Таблица 1 – Расчетная внешняя скоростная характеристика двигателя

n мин ⁻¹	$n < n_M$	n_M	$n > n_M$	$n < n_N$	n_N	$n < n_N$	n_{xx}
	1600	2400	3000	3500	4000	4200	4500
N_e , кВт	27,4	43,3	51,9	58,8	66	65,4	0,0
M_e , кН·м	0,163	0,172	0,165	0,160	0,157	0,148	0,000
g_e , г/(кВтч)	281	265	262	264	273	278	∞
η_e	0,291	0,309	0,312	0,310	0,300	0,294	0
G_m , кг/ч	7,71	11,49	13,61	15,52	18,02	18,19	7,71
n/n_N	0,40	0,60	0,75	0,88	1,00	1,05	1,13

Значения эффективной мощности:

$$N_e = 0,105 \cdot 2000 \cdot 0,163 = 27,4 \text{ кВт}. \quad (8)$$

Принимаем значение эффективного КПД двигателя $\eta_{e,N}$ равным 0,30.

Определяем расчетом при низшей теплоте сгорания топлива H_u равной 44 МДж/кг значения:

– удельного расхода топлива:

$$g_{eN} = \frac{3600}{n_N \cdot H_U}, \quad (9)$$
$$g_{eN} = \frac{3600}{0,3 \cdot 44} = 273 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч.}$$

– часового расхода топлива

$$G_{TN} = g_{eN} \cdot N_{emax} \cdot 10^{-3}, \quad (10)$$
$$G_{TN} = 273 \cdot 66 \cdot 10^{-3} = 18,02 \text{ кг/ч.}$$

И ряд подобных отношений n/n_N в таблице 1, определяем методом интерполяции значения коэффициента K_n и удельного расхода топлива:

$$g_{en} = K_n \cdot g_{eN}, \quad (11)$$

$$g_{e,n} = 1,03 \cdot 273 = 281 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч.},$$

$$G_{mn} = g_{en} \cdot N_{en} \cdot 10^{-3}, \quad (12)$$

$$G_{mn} = 281 \cdot 27,4 \cdot 10^{-3} = 7,7 \text{ кг/ч.}$$

$$\eta_{en} = \frac{3600}{g_{en} \cdot H_U}, \quad (13)$$

$$\eta_{en} = \frac{3600}{281 \cdot 44} = 0,291.$$

«При поверочном динамическом расчете автомобиля реальную сумму параллельных потоков мощности заменяем одним потоком, подобным мощности N_δ , а КПД трансмиссии определяем расчетом по формуле:

$$\eta_{mp} = \frac{N_{\delta}}{N_e \eta_{вк}} = \eta_{ц}^k \cdot \eta_{к}^l \cdot \eta_{кш}^m - \frac{N_{mpo}}{N_e}, \quad (14)$$

где $\eta_{ц}$ и $\eta_{к}$ – соответственно КПД цилиндрических и конических пар зубчатых колес и подшипников их валов; принимаем КПД равным 0,98 и 0,97;

$\eta_{кш}$ – КПД карданного шарнира; принимаем равным 0,995;

k и l – число соответственно цилиндрических и конических пар зубчатых колес, через которые последовательно передается мощность к ведущим колесам; принимается равным 2 и 1 определяем из кинематической схемы автомобиля;

$m_{кш}$ – число последовательных карданных шарниров, определяем из кинематической схемы автомобиля, принимается равным 4;

$N_{mp,o}$ – мощность, теряемая в трансмиссии на холостом ходу, кВт; принимаем равным 2,2 кВт,

N_e – значения эффективной мощности согласно таблице 1» [18].

2.3 Расчет и построение тяговой части паспорта

«Проверочный расчет и построение тяговой части паспорта проводят в последовательности:

- 1) Составляем таблицу 2 исходных и расчетных значений показателей на всех передачах переднего хода:
- 2) Вписываем в таблицу графически проверенные значения показателей внешней скоростной характеристики двигателя.
- 3) Рассчитываем шесть текущих значений КПД η_{mp} при $N_e > 0$ и вписываем полученные результаты и найденные передаточные числа трансмиссии U_{mp} в таблицу 2.
- 4) Определяем по формуле при $\delta=0$ по шесть текущих значений теоретической скорости V_m на каждой передаче и вписываем полученные в таблицу 2.

- 5) Чертим на листе формата А1 левое поле 250×250 мм. среднее верхнее (400×250) и нижнее (400×125), масштабные сетки и шкалы.
- 6) Выбираем удобный масштаб эффективной мощности двигателя и строим на нижнем среднем поле графики $N_e=f(V_m)$ и $\eta_e=f(V_m)$ в масштабе скоростей V_m и V_a 1 м/с в 1 см.
- 7) При выбранном значении коэффициента $k_w=0,63 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$ находим постоянное значение фактора обтекаемости в $\text{кН}\cdot\text{с}^2/\text{м}^2$:

$$k_{wF} = 0,8 \cdot B_z \cdot H_z \cdot k_w \cdot 10^{-3}, \quad (15)$$

где B_z – габаритная ширина автомобиля, принимается равной 1,785 м;

H_z – габаритная высота автомобиля, равна 2,081 м» [18].

$$k_{wF} = 0,8 \cdot 1,785 \cdot 2,081 \cdot 0,63 \cdot 10^{-3} = 0,001872 \text{ кН}\cdot\text{с}^2/\text{м}^2.$$

- 8) «Определяем расчетом по шесть значений полной окружной силы ведущих колес $P_{ко}$, силы сопротивления воздуха P_w , и динамического фактора снаряженного автомобиля D_o по двигателю при $M_e > 0$ на всех передачах переднего хода.

$$P_{ко} = \frac{M_e \cdot U_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (16)$$

$$P_w = k_w \cdot F \cdot v_T^2, \quad (17)$$

$$D_o = \frac{P_{ко} - P_w}{m_0 \cdot g}. \quad (18)$$

Рассмотрим пример расчета на первой передаче при $n=1600$ об/мин» [18].

Теоретическая скорость:

$$V_T = \frac{1600 \cdot 0,36 \cdot 0,105}{18,66} = 3,24 \text{ м/с.}$$

Таблица 2 – исходные и расчетные значения показателей тяговой динамичности автомобиля УАЗ-31519

Передача	u_{mp}	n , мин ⁻¹	V_m , м/с	M_e , кНм	η_{mp}	$P_{ко}$, кН	P_w , кН	D_o	N_e , кВт	η_e
1	18,66	4500	9,12	0,000	0,000	0,000	0,156	-	0,0	0,000
		4000	8,10	0,157	0,880	7,159	0,123	0,435	66,0	0,300
		3500	7,09	0,160	0,876	7,262	0,094	0,443	58,8	0,310
		3000	6,08	0,165	0,871	7,441	0,069	0,456	51,9	0,312
		2400	4,86	0,172	0,862	7,687	0,044	0,473	43,3	0,309
		1600	3,24	0,163	0,833	7,049	0,020	0,435	27,4	0,291
2	11,96	4500	14,22	0,000	0,000	0,000	0,379	-	0,0	0,000
		4000	12,64	0,157	0,880	4,588	0,299	0,265	66,0	0,300
		3500	11,06	0,160	0,876	4,655	0,229	0,274	58,8	0,310
		3000	9,48	0,165	0,871	4,769	0,168	0,285	51,9	0,312
		2400	7,59	0,172	0,862	4,927	0,108	0,298	43,3	0,309
		1600	5,06	0,163	0,833	4,518	0,048	0,276	27,4	0,291
3	7,16	4500	23,76	0,000	0,000	0,000	1,057	-	0,0	0,000
		4000	21,12	0,157	0,880	2,747	0,835	0,118	66,0	0,300
		3500	18,48	0,160	0,876	2,787	0,639	0,133	58,8	0,310
		3000	15,84	0,165	0,871	2,855	0,470	0,148	51,9	0,312
		2400	12,67	0,172	0,862	2,950	0,301	0,164	43,3	0,309
		1600	8,45	0,163	0,833	2,705	0,134	0,159	27,4	0,291
4	4,53	4500	37,55	0,000	0,000	0,000	2,639	-	0,0	0,000
		4000	33,38	0,157	0,918	1,813	2,086	-0,017	66,0	0,300
		3500	29,21	0,160	0,914	1,840	1,597	0,015	58,8	0,310
		3000	25,03	0,165	0,909	1,885	1,173	0,044	51,9	0,312
		2400	20,03	0,172	0,900	1,948	0,751	0,074	43,3	0,309
		1600	13,35	0,163	0,871	1,789	0,334	0,090	27,4	0,291

КПД трансмиссии:

$$\eta_{TP} = 0,913 - \frac{2,2}{27,4} = 0,833. \quad (15)$$

Касательная сила на колесе:

$$P_{ко} = \frac{0,163 \cdot 18,66 \cdot 0,8332,2}{0,36} = 7,049 \text{ кН.}$$

Сила сопротивления воздуха:

$$P_w = 0,001872 \cdot 3,24^2 = 0,020 \text{ кН.}$$

Динамический фактор:

$$D_0 = \frac{7,049 - 0,020}{18,66} = 0,435.$$

Согласно ВСН 25-86, зависимость коэффициента сцепления:

$$\varphi_v = \varphi_{20} - \beta_\varphi \cdot (v_i - 20), \quad (19)$$

где φ_{20} – коэффициент сцепления при $V=20$ км/ч, зависит от типа и состояния покрытия,

β_φ – коэффициент линейного уменьшения сцепления.

Заносим их в таблицу 3 и строим графики на среднем верхнем поле листа 1.

Таблица 3 – Значения коэффициентов сцепления

$v_a, \text{м/с}$	0	5	10	15	20	25	30	35	40
$\varphi_{вс}$	0,8	0,8	0,744	0,681	0,618	0,555	0,492	0,429	0,366
$\varphi_{вм}$	0,6	0,6	0,544	0,481	0,418	0,355	0,292	0,229	0,166
$\varphi_{вмз}$	0,45	0,45	0,394	0,331	0,268	0,205	0,142	0,079	0,016
$\varphi_{всн}$	0,3	0,3	0,260	0,215	0,170	0,125	0,080	0,035	–
$\varphi_{вгл}$	0,15	0,15	0,118	0,082	0,046	0,010	–	–	–

Строим на левом поле листа 1 графическую зависимость коэффициента буксования δ от отношения $D_r/\varphi_v\lambda$ (таблица 4).

Таблица 4 – Зависимость коэффициента буксования δ от отношения $D_r/\varphi_v\lambda$

$D_r/\varphi_v\lambda$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
δ	0	0,003	0,008	0,018	0,034	0,053	0,083	0,126	0,216	0,414	1,0

Определяем характерные значения коэффициента нормальной загрузки автомобиля:

$$\Gamma = 1 + \frac{q_a + m_{on} + q_a}{m_o} \leq 5. \quad (20)$$

и соответствующие им значения коэффициента нормальной нагрузки ведущих колес:

- снаряженного автомобиля:

$$\lambda_0 = \frac{m_{o,сезд}}{m_o}, \quad (21)$$

$$\lambda_0 = \frac{1650}{1650} = 1.$$

- полностью груженого:

$$\lambda_q = \frac{m_{a,сезд}}{m_o + q_a}, \quad (22)$$

$$\lambda_q = \frac{2050}{2050} = 1.$$

- полностью груженого автомобиля со снаряженным прицепом:

$$\lambda_q = \frac{m_{a,сезд}}{m_o + q_a + m_{on}}, \quad (23)$$

$$\lambda_q = \frac{2050}{1650 + 400 + 300} = 0,87,$$

$$\Gamma_q = 1 + \frac{400 + 300}{1650} = 1,424.$$

- полностью груженого автопоезда:

$$\lambda_q = \frac{m_{a,сезд}}{m_o + q_a + m_{on} + q_n}, \quad (24)$$

$$\lambda_q = \frac{2050}{1650 + 400 + 300 + 500} = 0,72,$$

$$\Gamma_q = 1 + \frac{400 + 300 + 500}{1650} = 1,727.$$

$$\lambda_I = \frac{\lambda_q \Gamma_q}{\Gamma_i}, \quad (25)$$

$$\Gamma_i > \Gamma_q = \frac{m_0 + q_a}{m_o}. \quad (26)$$

Строим на правом поле в масштабе его левой шкалы зависимость $\lambda=f(\Gamma)$ и лучевую номограмму ψ .

2.4 Прогноз тяговой динамичности и эффективности автомобиля в выбранных условиях

«Под тяговой динамичностью автомобиля понимается его свойство преодолевать сопротивления поступательному движению с наибольшей мгновенной скоростью, соответствующей работе двигателя по внешней скоростной характеристике и определяемой по тяговой части паспорта

Для этого в первую очередь задаем весовое состояние автомобиля или автопоезда значением Γ , дорожные условия значением коэффициента дорожных сопротивлений ψ и состоянием дорожного покрытия» [18].

«Проектируем заданное выше значение Γ по вертикали до пересечения с кривой $\lambda=f(\Gamma)$, а затем с лучом заданного, выше значения ψ , полученные точки пересечения проектируем на правую шкалу левого поля и отмечаем стрелками два «входа» на это поле; по горизонтали ψ возвращаемся от «входа» до пересечения с правой кривой $D_o=f(v_T)$, проектируем точку пересечения вниз и вверх до пересечения с выбранной ранее кривой φ_{vc} , φ_{vm} или φ_{vm3} и полученную точку пересечения проектируем по горизонтали до правой шкалы левого поля и стрелкой φ_y отмечаем на ней третий «вход» на это поле. Графически делим $D_r = \psi$ на φ_v , проектируя делимое D_2 по горизонтали, а делитель по лучу в точку их пересечения на левом поле; эту точку проектируем по вертикали на верхнюю шкалу и полученный

промежуточный результат D_z / φ_v , возвращаем по диагонали на правую шкалу для повторного деления - делимого D_z / φ_v на делитель λ ; точку пересечения на левом поле горизонтали делимого D_z / φ_v с лучом делителя λ проектируем по вертикали до пересечения с кривой буксования и определяем по левой шкале левого поля значение δ и длину верхнего отрезка $1 - \delta$ на шкале» [1].

«Графически умножаем вертикаль $(1 - \delta)$, отмеченную на верхней части левой шкалы левого поля, на луч, проведенный по среднему верхнему полю из ранее найденного значения теоретической скорости в полюс лучевой номограммы среднего верхнего поля - точку с координатами $v_m=0$ и $\delta=1$. Для такого умножения, обусловленного формулой, достаточно провести горизонталь «выхода» δ из левого поля до пересечения на среднем верхнем поле с лучом v_m «входа» на это поле графического умножения. Аргумент точки пересечения горизонтали δ с лучом v_m определяет значение действительной скорости автомобиля» [18].

Типичные для предприятия условия автоперевозок оцениваем интервалами значений показателей таблицы 5, а графоаналитические результаты оценки - показателями таблицы 6.

Таблица 5 – Основные показатели условий автоперевозок

Показатели	Летом	Осенью	Зимой	Весной
Γ	1,24	1,24	1,24	1,24
λ	1	1	1	1
f	0,020	0,050	0,045	0,050
$\pm i$	0,12	0,12	0,12	0,12
ψ	0,01	0,01	0,01	0,01
φ	0,80	0,45	0,30	0,45

Таблица 6 – Показатели графоаналитической оценки эффективности автомобиля

Варианты условий перевозок	Γ	λ	ψ	φ_v	v_m , м/с	v_a , м/с	N_e , кВт	η_e	N_a , кВт	η_a	$\frac{C_{TM}}{\rho_T \cdot \eta_a \cdot H_{II}}$
											руб/Мдж
1	1	1	0,02	0,498	28,52	28,5	57,6	0,311	57,6	0,311	2,97
2	1	1	0,02	0,330	28,52	28,5	57,6	0,311	57,6	0,311	2,97
3	1	1	0,02	0,180	28,52	28,4	57,6	0,311	57,6	0,311	2,97

«Итак, был проведён расчёт тягово-скоростных свойств и динамического паспорта автомобиля УАЗ-31519 у которого максимальная мощность двигателя УМЗ-4178 равна 66 кВт при частоте вращения коленчатого вала 4000 мин⁻¹ и максимальный крутящий момент 0,172 кН·м при частоте вращения коленчатого вала равным 2400 мин⁻¹» [18].

«При увеличении частоты вращения коленчатого вала увеличиваются эффективная мощность и часовой расход топлива до частоты вращения 4000 об/мин и достигают своего максимального значения при этой частоте. При увеличении n больше 2400 об/мин крутящий момент уменьшается, при увеличении – от 0 до 2400 об/мин крутящий момент увеличивается.

Наибольшее значение эффективного КПД и наименьшее значение удельного расхода при частоте вращения 2900...3100 об/мин» [18].

С переходом на более высокие передачи увеличивается скорость движения, сила сопротивления воздуха, но уменьшается касательная сила на колесе и динамический фактор, а, следовательно, и тяговые свойства. Значения M_e , η_{mp} , G_b , N_e , g_e , η_e не зависят от передачи, на которой движется автомобиль. Были рассчитаны значения крутящего момента, эффективной мощности, удельного и часового расходов топлива а также эффективного КПД при заданном коэффициенте коррекции равным 0,97 и выбранном значении эффективного КПД равным 0,30 двигателя результаты которых приведены в таблице 1.

При выбранных коэффициенте K_w равным 0,63 Н·с²/м⁴, $N_{mp.o}$ равной 2,2 кВт, а также данных таблицы 1 были рассчитаны значения теоретической скорости, КПД трансмиссии, касательной силы на колесе, силы сопротивления воздуха, динамического фактора. Результатом стало построение графиков первого листа графической части.

3 Конструкторская часть

3.1 Требования к механизму подключения колёс

«Требования к механизму подключения следующие:

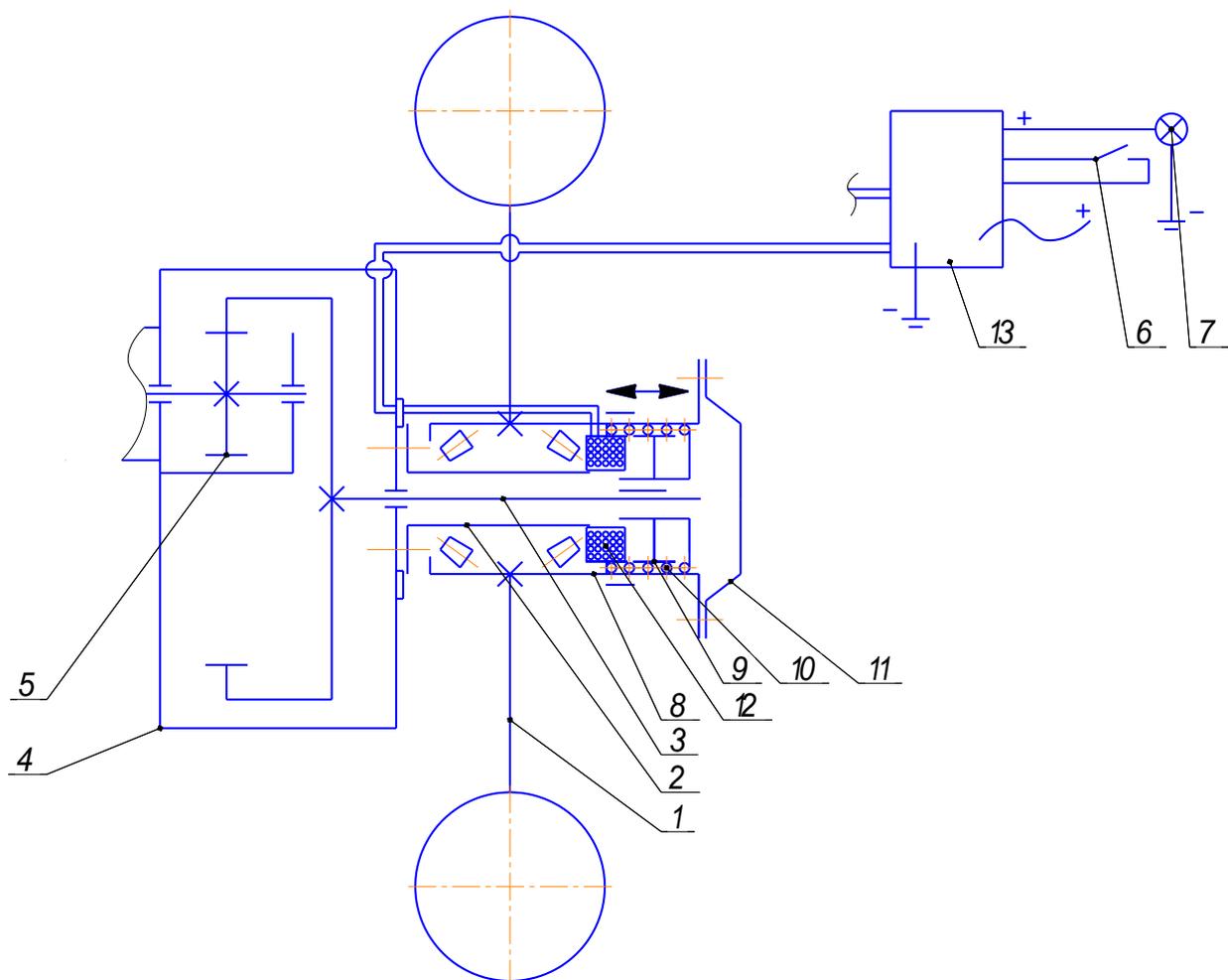
- простота конструкции,
- надёжность в работе,
- долговечность,
- относительная дешевизна исполнения и обслуживания,
- быстрота срабатывания (автоматические муфты)» [7].

3.2 Разработка кинематической схемы подключения колёс

Разрабатываемую кинематическую схему можно представить в виде рисунка 10.

«Разработанная конструкция достаточно проста и практична. Предположим, необходимо подключить переднее колесо, нажимаем на кнопку 14, блок управления 13 посылает соответствующий сигнал на электромагнит 12, тот в свою очередь, преодолевая усилие пружины 10 притягивает подвижную муфту 9.

Муфта 9 входит в зацепления с осью 3 и подвижной ступицы колеса, тем самым соединяется шлицевая связь между осью 3 и колесом. При повторном нажатии кнопки 14 блок управления 13 отключает электромагнит 12 и пружина 10 возвращает муфту в своё прежнее положение. Муфта 9 разъединяет шлицевые соединения ось и ступицы колеса, прекращается шлицевая связь» [2].



1 – колесо с диском; 2 – ступица колеса неподвижная; 3 – ось; 4 – корпус редуктора;
 5 – зубчатая передача; 6 – включатель муфт; 7 – лампа контрольная; 8 – ступица колеса
 подвижная; 9 – подвижная муфта; 10 – пружина; 11 – крышка; 12 – электромагнит;
 13 – блок управления муфтами

Рисунок 10 – Кинематическая схема ступицы переднего колеса

3.3 Расчёт передаточных чисел в ступице ведущего колеса с подключением муфтами с дистанционным управлением

«Передача зубчатая цилиндрическая закрытая внутренняя. В данном случае передача внутренняя. Мост редукторный. В редукторных мостах передаточное число обычно принимается в пределах: 1,8...2,5. В данном конкретном случае принимаем 2,0» [2].

3.4 Расчёт цилиндрической передачи в ступице ведущего колеса с подключением муфты с дистанционным управлением

«Определение межосевого расстояния:

$$a_w = K_a \cdot (U - 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{K_H \cdot T_1}{\psi_a \cdot U \cdot [\sigma]_H^2}}, \quad (27)$$

где a_w – межцентровое расстояние, мм;

K_a – вспомогательный коэффициент; для прямозубых колёс принимаем равным 450;

K_H – коэффициент нагрузки, для не консольного и не симметричного расположения колёс относительно опор

ψ_a – коэффициент ширины, для компоновки внутреннего зацепления 0,75;

«-» – для внутреннего зацепления» [3].

«КПД трансмиссии принимаем 0,80, тогда при скорости движения 140 км/ч=38,88 м/с. Радиус колеса равен 0,364 м. Тогда частота вращения находится из выражения:

$$n_{кол.} = \frac{\omega_{кол.}}{2 \cdot \pi}, \quad (28)$$

где $\omega_{кол.}$ – угловая скорость колеса, с⁻¹» [3].

$$\omega_{кол.} = \frac{V}{r}, \quad (29)$$

$$\omega_{кол.} = \frac{38,88}{0,364} = 106,81 \text{ с}^{-1}.$$

Тогда:

$$n_{\text{кол.}} = \frac{106,81}{2 \cdot 3,14} = 17,01 \text{ с}^{-1} = 1020,6 \text{ мин}^{-1}.$$

При распределении крутящего момента равномерно на все четыре колеса:

$$M = 9554 \cdot \frac{77,0 \cdot 0,80 / 4}{1020,60} = 144,16 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Распределить крутящий момент равномерно по колёсам очень сложно, при нашей схеме раздаточной коробки на мосты крутящий момент может распределяться 50/50, но межколёсные дифференциалы у нас не блокируемые, именно поэтому расчётный крутящий момент будет следующий:

$$T_2 = M_{\text{кол.}} = 9554 \cdot \frac{77,0 \cdot 0,80 / 2}{1020,60} = 288,32 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$T_1 = \frac{T_2}{2}, \tag{30}$$

$$T_1 = \frac{288,32}{2} = 144,16 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для дальнейших расчётов берем с запасом 150 Н · м.

$$a_w = 450,0 \cdot (2,0 - 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{1,30 \cdot 150,0}{0,75 \cdot 2,0 \cdot 600,0^2}} = 32 \text{ мм}.$$

Полученное межосевое расстояние согласуют со значением из нормального ряда чисел: $a_w = 31$ мм. Перегрузка составит:

$$M = 9554 \cdot \frac{77,0 \cdot 0,80 / 4}{1020,60} = 144,16 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$\Delta a_w = \frac{32,0 - 31,0}{31,0} \cdot 100\% = 3,23\% < 4,0\% \text{ — условие выполняется.}$$

Определение модуля передачи.

Для зубчатых колёс при твёрдости зубьев $\leq 350HB$:

$$m = (0,01 \dots 0,02) \cdot a_w, \quad (31)$$

$$m = (0,01 \dots 0,02) \cdot 31,0 = 0,31 \dots 0,62 \text{ мм.}$$

Полученное значение модуля согласуют со стандартным значением (ГОСТ 9563-80): $m = 3$ мм.

Определение суммарного числа зубьев для прямозубых передач:

$$Z_\Sigma = \frac{2 \cdot a_w}{m}, \quad (32)$$

$$Z_\Sigma = \frac{2 \cdot 31,0}{3,0} = 20,7.$$

Определение числа зубьев шестерни:

$$Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{U - 1}, \quad (33)$$

$$Z_1 = \frac{21}{2,0 - 1} = 21.$$

Определение числа зубьев колеса.

Для внутреннего зацепления:

$$Z_2 = Z_\Sigma + Z_1, \quad (34)$$

$$Z_2 = 21 + 21 = 42.$$

Определение геометрических размеров колёс.

Делительные диаметры:

$$d_1 = \frac{m_n \cdot Z_1}{\cos \beta}, \quad (35)$$

$$d_1 = \frac{3,0 \cdot 21}{\cos 0^\circ} = 63,0 \text{ мм.}$$

$$d_2 = \frac{m_n \cdot Z_2}{\cos \beta}, \quad (36)$$

$$d_2 = \frac{3,0 \cdot 42}{\cos 0^\circ} = 126,0 \text{ мм.}$$

Диаметры вершин зубьев внутреннего зацепления:

$$d_{a_1} = d_1 + 2 \cdot m_n, \quad (37)$$

$$d_{a_1} = 63,0 + 2 \cdot 3,0 = 69,0 \text{ мм.}$$

$$d_{a_2} = d_2 - 2 \cdot m_n, \quad (38)$$

$$d_{a_2} = 126,0 - 2 \cdot 3,0 = 120,0 \text{ мм.}$$

Диаметры впадин зубьев внутреннего зацепления:

$$d_{f_1} = d_1 - 2,5 \cdot m_n, \quad (39)$$

$$d_{f_1} = 63,0 - 2,5 \cdot 3,0 = 55,50 \text{ мм.}$$

$$d_{f_2} = 2 \cdot a_w + d_{a_1} + 0,5 \cdot m_n, \quad (40)$$

$$d_{f_2} = 2 \cdot 31,0 + 69,0 + 0,5 \cdot 3,0 = 132,50 \text{ мм.}$$

Ширина колеса:

$$b_2 = \psi_a \cdot a_w, \quad (41)$$

$$b_2 = 0,750 \cdot 31,0 = 23,25 \text{ мм.}$$

Примем ширину колеса равной 24 мм.

Ширина шестерни:

$$b_1 = b_2 - 2, \quad (42)$$

$$b_1 = 24,0 + 2 = 22,0 \text{ мм.}$$

Определение усилий в зацеплении:

$$F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_1}, \quad (43)$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 150,0}{0,063} = 4762,90 \text{ Н.}$$

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha_w,$$

$$F_r = 4761,60 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 1733,08 \text{ Н.}$$

Проверка зубьев колёс по напряжениям изгиба:

$$\frac{[\sigma]_{F_1}}{Y_{F_1}} \text{ и } \frac{[\sigma]_{F_2}}{Y_{F_2}}, \quad (44)$$

$$\frac{293,90}{4,0} = 73,48 \text{ и } \frac{255,81}{3,75} = 68,22,$$

$$73,48 > 68,22.$$

«Проверочный расчёт на изгиб ведём по колесу:

$$\sigma_{F_2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot Y_{F_2} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} \cdot T_2}{m^2 \cdot Z_2 \cdot b_2} \leq [\sigma]_{F_2}, \quad (45)$$

где σ_{F_2} – рабочее напряжение изгиба по колесу, МПа;

$K_{F\beta}$ – коэффициент концентрации нагрузки;

K_{FV} – коэффициент динамической нагрузки» [3].

При постоянной нагрузке, твёрдости $\leq 350HB$ и скорости $V < 15$ м/с коэффициент $K_{F\beta}$ равен 1.

Найдём скорость колеса:

$$V = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot n_2}{6 \cdot 10^4}, \quad (46)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 126,0 \cdot 1020,60}{60000} = 6,73 \text{ м/с.}$$

По скорости назначают 8 степень точности передачи и коэффициент динамичности K_{FV} равен 1,1 [8].

$$\sigma_{F_2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 3,75 \cdot 1 \cdot 1,10 \cdot 288,32}{3,0^2 \cdot 42 \cdot 24,0} = 262,20 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{F_2} = 262,20 \text{ МПа} > [\sigma]_{F_2} = 255,81 \text{ МПа,}$$

$$\Delta\sigma_{F_2} = \frac{262,20 - 255,81}{255,81} \cdot 100\% = 2,50\% < 5,0\%$$

Прочность зубьев на изгиб обеспечена.

«Проверка зубьев колёс на контактную прочность:

$$\sigma_H = K \cdot \sqrt{\frac{K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV} \cdot F_t \cdot (U-1)}{d_1 \cdot b_2 \cdot U}} \leq [\sigma]_H, \quad (47)$$

где σ_H – контактное напряжение, МПа;

K – вспомогательный коэффициент, для прямозубых передач 428;

$K_{H\alpha}$ – коэффициент распределения нагрузки между зубьями, принимается равным 1 ;

$K_{H\beta}$ – коэффициент концентрации нагрузки, принимается равным 1,02;

K_{HV} – коэффициент динамичности нагрузки, принимается равным 1,09 [6];

F_t – окружное усилие, рассчитано ранее 4762,90 Н;

d_1 – делительный диаметр шестерни, рассчитан ранее 63,0 мм;

b_2 – ширина колеса, рассчитана ранее 24,0 мм;

«-» – для внутреннего зацепления» [9].

$$\sigma_H = 428,0 \cdot \sqrt{\frac{1 \cdot 1,02 \cdot 1,09 \cdot 4762,90 \cdot (2,0 - 1)}{63,0 \cdot 24,0 \cdot 2,0}} = 566,37 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_H < [\sigma]_H \Rightarrow 566,37 \text{ МПа} < 600,0 \text{ МПа}$$

Условие контактной прочности выполняется.

3.5 Прочностной расчёт наиболее нагруженных деталей в ступице ведущего моста с подключенными муфтами с дистанционным управлением

«Шлицевые соединения представляют собой разъёмные соединения, образуемые выступами – зубьями на валу, входящими во впадины – шлицы в ступице. Иногда шлицевые соединения называют зубчатыми соединениями.

Основным критерием работоспособности шлицевых соединений являются прочность рабочих поверхностей на смятие и износ.

В упрощенном расчёте предполагается равномерное распределение напряжений смятия по длине и высоте зуба. Условие прочности на смятие имеет вид:

$$\sigma_{CM} = \frac{2 \cdot T}{d_{cp} \cdot z \cdot h \cdot l \cdot K_{\sigma}} \leq [\sigma_{CM}], \quad (48)$$

где T – крутящий момент, Нм;

d_{cp} – средний диаметр, м;

z – число зубьев, шт;

h – высота зуба, м;

l – рабочая длина зуба, м;

K_{Σ} – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между зубьями, принимается равным 0,75;

$[\sigma_{CM}]$ – допустимое напряжение на смятие, МПа» [17].

Для прямозубых шлицевых соединений:

$$d_{cp} = 0,5 \cdot (D + d), \quad (49)$$

$$h = 0,5 \cdot (D - d) - 2 \cdot f. \quad (50)$$

Для начала рассчитаем первое шлицевое соединение на входном валу: 10×18×23, длина соединения 48,0 мм=0,048 м. Соединение неподвижное $[\sigma_{CM}] = 100$ МПа [17].

$$d_{cp} = 0,5 \cdot (23,0 + 18,0) = 20,50 \text{ мм} = 0,0205 \text{ м},$$

$$h = 0,5 \cdot (23 - 18) - 2 \cdot 0,3 = 1,90 = 0,0019 \text{ м},$$

$$\sigma_{CM} = \frac{2 \cdot 144,16}{0,0205 \cdot 10 \cdot 0,0019 \cdot 0,048 \cdot 0,75} = 20,56 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{CM} = 20,56 \text{ МПа} < [\sigma_{CM}] = 100 \text{ МПа}.$$

Условие прочности на смятие выполняется.

Второе шлицевое соединение – это посадка шестерни на вал: 10×28×35, длина соединения 27,0 мм=0,027 м. Соединение неподвижное $[\sigma_{CM}] = 100$ МПа [7].

$$d_{cp} = 0,5 \cdot (35,0 + 28,0) = 31,50 \text{ мм} = 0,0315 \text{ м},$$

$$h = 0,5 \cdot (35 - 28) - 2 \cdot 0,3 = 2,90 \text{ мм} = 0,0029 \text{ м},$$

$$\sigma_{CM} = \frac{2 \cdot 144,16}{0,0315 \cdot 10 \cdot 0,0029 \cdot 0,027 \cdot 0,75} = 15,59 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{CM} = 15,59 \text{ МПа} < [\sigma_{CM}] = 100 \text{ МПа}$$

Условие прочности на смятие выполняется.

Третье шлицевое соединение – это перемещение соединительной муфты по приводному валу: $6 \times 28 \times 34$, длина соединения $40,0 \text{ мм} = 0,040 \text{ м}$. Соединение подвижное $[\sigma_{CM}] = 70 \text{ МПа}$ [13].

$$d_{cp} = 0,5 \cdot (34,0 + 28,0) = 31,0 \text{ м} = 0,031 \text{ м},$$

$$h = 0,5 \cdot (34 - 28) - 2 \cdot 0,3 = 2,40 \text{ мм} = 0,0024 \text{ мм},$$

$$\sigma_{CM} = \frac{2 \cdot 288,32}{0,031 \cdot 6 \cdot 0,0024 \cdot 0,040 \cdot 0,75} = 43,06 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{CM} = 43,06 \text{ МПа} < [\sigma_{CM}] = 70 \text{ МПа}.$$

Условие прочности на смятие выполняется.

Четвёртое шлицевое соединение – это перемещение соединительной муфты по ступице колеса: $8 \times 56 \times 62$, длина соединения $11,0 \text{ мм} = 0,011 \text{ м}$. Соединение подвижное $[\sigma_{CM}] = 70 \text{ МПа}$ [13].

$$d_{cp} = 0,5 \cdot (62,0 + 56,0) = 59,0 \text{ мм} = 0,059 \text{ м},$$

$$h = 0,5 \cdot (62 - 56) - 2 \cdot 0,2 = 2,60 \text{ мм} = 0,0026 \text{ м},$$

$$\sigma_{CM} = \frac{2 \cdot 288,32}{0,059 \cdot 8 \cdot 0,0026 \cdot 0,011 \cdot 0,75} = 56,95 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{CM} = 56,95 \text{ МПа} < [\sigma_{CM}] = 70 \text{ МПа}.$$

Условие прочности на смятие выполняется.

«В четырехшариковом карданном ШРУСе, где усилие передается двумя шариками, для определения допустимого окружного усилия P в контакте шариков диаметром d с поверхностью канавок используем эмпирической выражение:

$$[\sigma_u] = 5100 \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{d^2}}, \quad (51)$$

$$P = \frac{M_{\kappa \max} \cdot U_{TP \max}}{2R'}, \quad (52)$$

где $R' = R \cos(\varphi + 0,5 \cdot \gamma)$ – плечо приложения силы P , $\varphi = \arcsin(a/R)$ » [18].

«Нормальная осевая сила, действующая на шариках:

$$P_n = \frac{P}{\cos \lambda}, \quad (53)$$

где λ – угол контакта шарика с канавкой, принимается равным 45° » [4].

«Допускаемая нагрузка на шарик с диаметром $d=R/1,7$ не должна превышать $46 \cdot \sigma$. Материал шариков ШХ 15.

Определим напряжение изгиба. При вращении карданного вала возникает центробежная сила:

$$P_u = m_g \cdot (l + f) \cdot \omega^2, \quad (54)$$

где m_g – масса вала, принимается равной 11,0 кг» [17].

«Центробежная сила уравновешивается силой упругости вала:

$$P_u = C_u \cdot f, \quad (55)$$

где C_u – изгибная жесткость» [9].

Получаем:

$$C_u \cdot f = m_e \cdot (l + f) \cdot \omega^2, \quad (56)$$

$$f = \frac{m_e \cdot l \cdot \omega^2}{C_u - m_e \cdot \omega^2}. \quad (57)$$

Критическая угловая скорость, вызывающая бесконечно большой прогиб:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{C_u}{m_e}}. \quad (58)$$

Критическая частота вращения:

$$n_{кр} = \frac{30 \cdot \omega_{кр}}{\pi}, \quad (59)$$

$$n_{кр} = 12 \cdot 10^4 \cdot \frac{d_n}{l_e^2}. \quad (60)$$

По расчетам критическая частота привода в два раза больше максимальной частоты эксплуатации, что обеспечивает необходимый запас.

Напряжение кручения сплошного вала:

$$\tau_{кр} = \frac{M_{к\max} \cdot U_{TP\max}}{0,2 \cdot d_n^3}, \quad (61)$$

$$\tau_{кр} = \frac{0,144 \cdot 10^3 \cdot 18,08}{0,2 \cdot 0,025^3} = 83,31 \text{ МПа.}$$

«При передаче момента привод закручивается на угол:

$$\Theta = \frac{M_{к\max} \cdot U_{TP\max} \cdot l_e}{J \cdot G}, \quad (62)$$

где J – момент инерции сечения вала;

G – модуль упругости при кручении, 850 ГПа» [5].

Подставив данные, получим:

$$\Theta = \frac{0,144 \cdot 10^3 \cdot 18,08 \cdot 0,7}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 850 \cdot 10^9} = 0,0011 \text{ рад.}$$

Допускаемый угол закручивания 7-8 град. На 1 метр длины вала.

«Скручивающие нагрузки вызывают смятие и срез шлицов вала:

$$\sigma_{см} = \frac{8 \cdot M_{к\max} \cdot U'_{TP\max}}{(d_{ш.н}^2 - d_{ш.вн}^2) \cdot l_{ш} \cdot n_{ш}}, \quad (63)$$

где $d_{ш.н.}$, $d_{ш.вн.}$ – наружный и внутренний диаметры шлицевого вала;

$l_{ш}$ – длина шлица;

$n_{ш}$ – число шлицов, шт.

$$\sigma_{см} = \frac{8 \cdot 0,144 \cdot 10^3 \cdot 18,08}{(0,023^2 - 0,018^2) \cdot 0,048 \cdot 10} \cdot 10^{-6} = 211,67 \text{ МПа.}$$

$$\tau_{ср} = \frac{M_{к\max} \cdot U'_{TP\max}}{d_{ш.вн} \cdot l_{ш} \cdot b_{ш} \cdot n_{ш}}, \quad (64)$$

где $b_{ш}$ – ширина шлица» [17].

$$\tau_{ср} = \frac{0,144 \cdot 10^3 \cdot 18,08}{0,018 \cdot 0,048 \cdot 0,01 \cdot 10} \cdot 10^{-6} = 30,0 \text{ МПа.}$$

Таким образом, проведенный прочностной расчет показывает, что детали ШРУСа отвечают всем требованиям и соответствуют ГОСТу, а также выдерживают необходимые нагрузки.

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены требования к механизму подключения колёс, разработана кинематическая схема подключения колёс, выполнены конструкторские расчеты, отдельно выполнен прочностной расчёт наиболее нагруженных деталей в ступице ведущего моста.

4 Технологический раздел

Сборочный процесс в автомобиле- и тракторостроении представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности для получения узлов, механизмов или законченного автомобиля (трактора), полностью отвечающих установленным техническим требованиям.

При производстве автомобилей и тракторов их собирают либо на том же заводе, где изготавливаются детали этого изделия, либо на специализированном сборочном предприятии. Первый вид организации производства в настоящее время преобладает в отечественном автотракторостроении.

Трудоемкость сборочных работ больше трудоемкости литейных, сварочных, кузнечно-прессовых и ряда других работ. Реальная возможность снижения трудоемкости сборки, прежде всего путем ее механизации – это один из важных резервов производства.

В автотракторостроении преобладает массовое и крупносерийное производство. По сравнению с другими отраслями машиностроения здесь имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки и сокращения на этой основе ручного труда. Между тем, трудоемкость работ в заготовительных и обрабатывающих цехах большинства автомобильных и тракторных заводов снижается более быстрыми темпами, чем в сборочных. В связи с этим относительное значение трудоемкости сборки очень часто не сокращается, а растет.

Удельный вес сборочных работ в общей трудоемкости изготовления автомобилей и тракторов составляет в настоящее время 25-30%.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

- сборочные чертежи (изделия, узла или машины);
- технические условия на сборку;

- рабочие чертежи деталей, входящих в изделие;
- заданная годовая программа или общая программа выпуска.

Также при проектировании технологического процесса сборки необходимо пользоваться вспомогательными материалами, такими как: каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента; ГОСТ и нормами на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Выбор технологического процесса сборки зависит от различных факторов, таких как тип изделия, его размеры, количество производимой продукции, требования к качеству и степени автоматизации процесса.

Одним из основных факторов является тип изделия. Например, для изделий, требующих высокой точности и мелких деталей, лучше использовать автоматизированный технологический процесс, чтобы уменьшить ошибки человеческого фактора и обеспечить повышенную точность [20].

Кроме того, размеры изделия могут определять, какой технологический процесс выбрать. Для производства больших изделий может потребоваться использование кранов и других тяжелых механизмов, а для мелких изделий могут использоваться автоматические линии сборки.

Ввиду того, что колёсная муфта с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER не будет иметь большого спроса сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

«В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ» [13].

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (65)$$

где $F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт» [19].

$$T_{д} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{120} = 1035 \text{ ч.}$$

Далее составляем технологическую схему сборки.

Технологическая схема сборки – это графическое представление последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта. Она описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием.

Основные элементы технологической схемы сборки:

- получение исходных материалов;
- подготовительные операции – разметка материалов, нарезка, обработка и так далее;
- сборочные операции – сборка изделия из отдельных деталей;
- окончательная обработка – шлифовка, полировка, окраска и так далее;
- контроль качества – проверка соответствия готового изделия заданным требованиям;
- упаковка и хранение готового изделия.

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень сборочных работ

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на выполнение операции, мин.
Взять крышку	0,1
Осмотреть крышку	0,2
Взять ведомую шестерню	0,1
Осмотреть ведомую шестерню	0,2
Установить ведомую шестерню в крышку	0,6
Взять пружину	0,1
Осмотреть пружину	0,2
Установить пружину на ведомую шестерню	0,6
Взять прокладку	0,1
Осмотреть прокладку	0,2
Установить прокладку на ведомую шестерню	0,6
Взять ведущую шестерню	0,1
Осмотреть ведущую шестерню	0,2
Взять упорную шайбу	0,1
Осмотреть упорную шайбу	0,2
Установить упорную шайбу на ведущую шестерню	0,6
Взять внутреннее зубчатое колесо	0,1
Осмотреть внутреннее зубчатое колесо	0,2
Установить внутреннее зубчатое колесо	0,8
Взять стопорное кольцо	0,1
Осмотреть стопорное кольцо	0,2
Установить стопорное кольцо	0,6
Взять корпус муфты	0,1
Осмотреть корпус муфты	0,2
Взять винт М4×0,5-г6 ГОСТ 17475-80 (4 шт.)	0,2
Установить крышку в сборе на корпус муфты при помощи винтов М4×0,5-г6 ГОСТ 17475-80	6
Проверить свободное вращение	0,5
Взять муфту в сборе	0,1
Установить муфту в сборе	1
Взять электромагнит	0,1
Осмотреть электромагнит	0,2
Установить электромагнит	5
Проверить работу муфты на свободное вращение и срабатывание электромагнита для блокировки	15
Итого:	34,6

Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (66)$$

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}.$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{шт}^{общ} = t_{он}^{общ} + t_{он}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (67)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;
 β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [10].

$$t_{шт}^{общ} = 34,6 + 34,6 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 37,37 \text{ мин.}$$

4.2 Проектирование технологического процесса сборки колёсной муфты с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 8.

Таблица 8 – Технологический процесс сборки колёсной муфты с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
005	Сборочная	1	Взять крышку	Гайковерт, набор головок, рожковые ключи, отвертка	19,6
		2	Осмотреть крышку		
		3	Взять ведомую шестерню		
		4	Осмотреть ведомую шестерню		
		5	Установить ведомую шестерню в крышку		
		6	Взять пружину		
		7	Осмотреть пружину		
		8	Установить пружину на ведомую шестерню		

Продолжение таблицы 8

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		9	Взять прокладку		
		10	Осмотреть прокладку		
		11	Установить прокладку на ведомую шестерню		
		12	Взять ведущую шестерню		
		13	Осмотреть ведущую шестерню		
		14	Взять упорную шайбу		
		15	Осмотреть упорную шайбу		
		16	Установить упорную шайбу на ведущую шестерню		
		17	Взять внутреннее зубчатое колесо		
		18	Осмотреть внутреннее зубчатое колесо		
		19	Установить внутреннее зубчатое колесо		
		20	Взять стопорное кольцо		
		21	Осмотреть стопорное кольцо		
		22	Установить стопорное кольцо		
		23	Взять корпус муфты		
		24	Осмотреть корпус муфты		
		25	Взять винт М4×0,5-г6 ГОСТ 17475-80 (4 шт.)		
		26	Установить крышку в сборе на корпус муфты при помощи винтов М4×0,5-г6 ГОСТ 17475-80		
		27	Проверить свободное вращение		
		28	Взять муфту в сборе		
		29	Установить муфту в сборе		
		30	Взять электромагнит		
		31	Осмотреть электромагнит		

Продолжение таблицы 8

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Затрачиваемое время, мин.
		32	Установить электромагнит		
010	Реулировочная	1	Проверить работу муфты на свободное вращение и срабатывание электромагнита для блокировки		15

Технологическая схема сборки колёсной муфты с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки колёсной муфты с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER и представлен в графической части ВКР.

5 Производственная и экологическая безопасность проекта

В настоящее время возрос интерес к человеческим ресурсам, улучшились условия и качественные меры по охране труда на рабочем месте. В долгосрочной перспективе благополучие человеческих ресурсов является источником стабильности, процветания и производительности.

Стоимость несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в странах колеблется от 2,6% до 3,8% валового национального продукта.

Работники должны активно участвовать в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья, так как это позволяет повысить эффективность мер по защите от опасностей на рабочем месте.

Участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

Риск для здоровья работников может возникнуть в случае невнимательного отношения к охране труда, а также при недостаточной осведомленности о возможных опасностях и оказанию первой помощи в случае необходимости. Поэтому, активное участие работников в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья является необходимым условием для создания безопасной и здоровой рабочей среды.

Работники должны иметь возможность выражать свое мнение и предлагать свои идеи по улучшению охраны труда в организации. Это

позволит улучшить культуру безопасности и создать атмосферу ответственности и заботы о здоровье друг друга.

5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса обслуживания ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 8).

Таблица 8 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
«Обслуживание ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER»	- установка автомобиля на пост. - проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в ступицах передних колес. - проверить состояние ступиц передних колес на наличие подтеканий. - проверить состояние ступиц	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Рожковые ключи, специальный ключ, индикатор, набор щупов, плоскогубцы	Перчатки, краска, ветошь, масло трансмиссионное» [6]

Продолжение таблицы 8

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	передних колес на наличие механических повреждений. - проверить работу муфт включения передних колёс. - отрегулировать ступичные подшипники - снятие автомобиля с поста			

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важным аспектом является необходимость идентификации риска в организации, чтобы поддерживать или улучшать правильное и всестороннее определение эффективности охраны труда.

Оценка профессионального риска представляет собой подробное изучение всех возможных происшествий, потенциально вредных действий, которые допустимы или недопустимы в организации. Одним из наиболее важных аспектов является то, что каждая организация должна определить и выбрать риски, которые находятся на пределе мер предосторожности, которые должны быть проанализированы и пересмотрены. Тяжесть последствий отражает серьезность результата, который может быть вызван нежелательным и неожиданным событием. Вероятность возникновения события следует оценивать с учетом наличия или отсутствия систем управления.

Деятельность по идентификации рисков включает:

- выявление опасностей, присутствующих на рабочем месте и в рабочей среде;
- выявление опасностей, обнаруженных в ходе предыдущего управления рисками;
- выявление потенциальных последствий признанных опасностей – рисков, то есть потенциальных причин травматизма работников, несчастного случая на производстве, профессионального заболевания или профессионального заболевания.

Работодатель также должен заменять опасные элементы на менее опасные или совсем неопасные, а также организовывать работу и условия труда таким образом, чтобы создать безопасную атмосферу на рабочем месте.

Еще один важный аспект – это адаптация работы к личности работника. Каждый человек уникален и его индивидуальные потребности и возможности должны учитываться при создании рабочего места и установки задач.

Таблица 9 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе обслуживания ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER.

Таблица 9 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
«1 Установка автомобиля на пост. 2 Проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в ступицах передних колес. 3 Проверить состояние ступиц	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции автомобиля

Продолжение таблицы 9

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
передних колес на наличие подтеканий.	«Запыленность и загазованность воздуха»	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
4 Проверить состояние ступиц передних колес на наличие механических повреждений.	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмент
5 Проверить работу муфт включения передних колёс.	Возможность поражения электрическим током	«Электроинструмент» [6].
6 Отрегулировать ступичные подшипники	«Отсутствие или недостаток естественного света»	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [14].
7 Снятие автомобиля с поста» [15].	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой»	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [14].
	«Напряжение зрительных анализаторов»	
	«Монотонность труда, вызывающая монотонию» [14].	

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Основой снижения профессиональных рисков является подготовка и обучение сотрудников. Это поможет им понимать процессы своей работы и принимать правильные решения.

Правильное планирование задач поможет снизить риски и уменьшить вероятность возникновения проблем в работе.

Использование защитной экипировки и оборудования – в некоторых профессиях защитная экипировка необходима для снижения рисков.

Например, обязательное использование шлемов и защитных очков в строительстве.

Регулярные проверки оборудования и обслуживание позволят выявлять и устранять возможные проблемы до их возникновения.

Правильное распределение нагрузки – риск травм и ранений может быть снижен.

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [6].

Специальная оценка условий труда (далее – СОУТ) – это процесс анализа рабочей среды и рабочих операций с целью определения возможных рисков и определения мер по их устранению или снижению.

СОУТ проводится специалистами по охране труда и имеет законодательную базу во многих странах. Она является обязательной для всех организаций, где работники подвергаются воздействию вредных факторов, таких как шум, вибрация, химические вещества, пыль, излучения и другое.

Оценка проводится на основе измерений и анализа данных, полученных на рабочих местах. После проведения оценки, специалисты определяют уровень риска и рекомендуют меры по его снижению.

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:

- 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [6].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;

- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [6].

Для решения выявленных проблем, используем методы и средства, соответствующие действующим нормативным документам. Также предлагаем меры, указанные в таблице 10, для уменьшения профессиональных рисков.

Таблица 10 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда,

Продолжение таблицы 10

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
оборудования	устройств в надлежащем состоянии	средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [6].
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [6].
«Повышенный уровень шума	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных медосмотров	Защитные противозумные наушники, беруши противозумные» [15].
«Возможность поражения электрическим током	Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [14].
«Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [15]	–
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение	–

Продолжение таблицы 10

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</p> <ul style="list-style-type: none"> – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [6]. 	
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> – объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: 1. длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей; чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии» [30]. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника; – «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии); 	–

Продолжение таблицы 10

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> – применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности; – отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования; – усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале; – выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы «человек-машина» [15]; – «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при отсутствии экстренной необходимости его прерывания); – чередование пассивного отдыха с активным» [6]. 	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 11).

Таблица 11 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона ТО	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТО	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [14].

В статье 42 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [12].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);

- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [6].

Разработка мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в зданиях и сооружениях. Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации.

Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении.

Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при обслуживании ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER (таблица 12), в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Таблица 12 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [6]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007»	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [14]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования»	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [15]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ»	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [6].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения»	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения»	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [14]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах»
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности»	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [15]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов. Например, замена опасных химических реагентов на более

безопасные аналоги;

- минимизация выбросов и отходов. Необходимо использовать эффективные системы очистки выбросов и переработки отходов;
- соблюдение норм и требований экологического законодательства. Технологический процесс должен соответствовать требованиям всех нормативных документов и лицензий;
- обучение и мотивация персонала. Сотрудники должны понимать важность экологической безопасности и использовать соответствующие методы;
- проведение экологической оценки технологического процесса

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе обслуживания ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER и сведем их в таблицу 13.

Таблица 13 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER»	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [14].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER:

- атмосферу – использование технологий снижения выбросов и загрязнений: установка фильтров на промышленные предприятия, ограничение использования транспорта с высокими выбросами,

утилизация отходов, популяризация и переход на использование возобновляемых источников энергии (установка солнечных панелей, ветрогенераторов, гидроэлектростанций и так далее) ;

- литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов.

Это включает создание системы отдельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

В разделе:

- разработан паспорт производственно-технологического процесса обслуживания ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER;
- выявлены профессиональные риски при обслуживании ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER и определены методы и средства их снижения;
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при обслуживании ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER;
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при обслуживании ступиц передних колес автомобиля УАЗ HUNTER и разработаны мероприятия по их снижению.

Также необходимо подчеркнуть, что участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

6 Экономическая эффективность проекта

Для определения финансовых затрат на разработку колёсной муфты с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER необходимо учесть следующие факторы:

- стоимость материалов: необходимо определить, какие материалы будут использоваться для создания конструкции, и рассчитать их стоимость;
- трудозатраты: необходимо определить количество человеко-часов, которые будут потрачены на разработку конструкции колёсной муфты, и рассчитать стоимость труда в соответствии с тарифами на работу;
- оборудование: необходимо определить, какое оборудование будет необходимо для создания конструкции (например, инструменты, станки и так далее) и рассчитать их стоимость;
- дополнительные расходы: необходимо учесть все дополнительные расходы, такие как аренда помещения, расходы на транспортировку материалов и оборудования, расходы на электроэнергию и так далее.

После того как все факторы были учтены, можно рассчитать общую сумму финансовых затрат на разработку конструкции колёсной муфты с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER.

«Затраты на изготовление муфты подключения колёс определяем по формуле:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{н.д}} + C_{\text{сб.н}} + C_{\text{о.н}}, \quad (68)$$

где $C_{\text{к.д}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, р.;

$C_{\text{о.д}}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, р.;

$C_{\text{н.д}}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{сб.н}$ – полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{о.н}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р» [8].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{к.д} = Q_k \cdot C_k, \quad (69)$$

где Q_k – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

C_k – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, принимается равной 120,0 р./кг» [8].

$$C_{к.д} = 1,0 \cdot 120,0 = 120,0 \text{ р.}$$

Общая стоимость корпусных деталей составляет 120,0 р.

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{прн} + C_m, \quad (70)$$

где $C_{прн}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, р.;

C_m – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р» [8].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{пр} = t \cdot C_u \cdot \kappa_t, \quad (70)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей,
 (корпус муфты 1,0 чел.-ч; крышка 0,5 чел.-ч; прокладка 0,5 чел.-ч);
 C_q – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду,
 р./ч;
 κ_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате,
 принимается равным 1,03» [8].

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 января 2023 года МРОТ составляет 16242 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $16242/(7 \cdot 21) = 110,48$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [8].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $110,48 \cdot 1,42 = 156,88$ р./ч.

$$C_{np} = 2 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 323,17 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_o = (5 \dots 12) \cdot C_{np} / 100, \quad (71)$$

$$C_o = 10 \cdot 323,17 / 100 = 32,31 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц} = 30 \cdot (C_{np} + C_o) / 100, \quad (72)$$

$$C_{соц} = 30 \cdot (323,17 + 32,31) / 100 = 106,64 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma np} = 323,17 + 32,31 + 106,64 = 462,12 \text{ р.}$$

Таким образом, заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 462,12 р.

«Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (73)$$

где C – цена 1 кг материала заготовок, р./кг;

Q_3 – масса заготовки, кг» [8].

$$C_M = 160 \cdot 1 = 160 \text{ р.}$$

$$C_{o.d} = 462,12 + 160 = 622,12 \text{ р.}$$

Таким образом, затраты на изготовление оригинальных деталей составляют 622,12 р.

«Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определяется по формуле:

$$C_{сб.n} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (74)$$

где $C_{сб}$ – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{д.сб}$ – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{соц.сб}$ – страховые взносы в фонды, р» [8].

«Основная заработная плата рабочих, занятых на сборке рассчитывается по формуле:

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (75)$$

где $T_{сб}$ – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч.

$$T_{сб} = k_c \cdot \Sigma t_{сб}, \quad (76)$$

где $t_{сб}$ – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч ;

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [8].

По справочным данным принимаем $t_{сб}$ равную 1,0 чел.-ч.

$$T_{сб} = 1,25 \cdot 1,0 = 1,25 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{сб} = 1,25 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 201,98 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 201,98 = 20,19 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (201,98 + 20,19) = 66,65 \text{ р.}$$

$$C_{сб.п} = 201,98 + 20,19 + 66,65 = 288,82 \text{ р.}$$

Таким образом, полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке составит 288,82 р.

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{он} = \frac{(C'_{np} \cdot R_{он})}{100}, \quad (77)$$

где C'_{np} – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении, р.;

$R_{он}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [8].

$$C'_{np} = (C_{np} + C_{сб}), \quad (78)$$

$$C'_{np} = 462,12 + 201,98 = 664,1 \text{ р.}$$

$$C_{он} = \frac{(664,1 \cdot 15)}{100} = 99,61 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Числовое значение, руб.
Ступица (1 шт.)	3500,0
Болты (4 шт.)	80,0
Шайбы (4 шт.)	60,0
Итого:	3640,0

$$C_{но} = 3500 + 80 + 60 = 3640 \text{ р.}$$

Далее рассчитаем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости нашей разработки.

Затраты на изготовление конструкции:

$$C_{кон} = 120 + 622,12 + 3640 + 288,82 + 99,61 = 4770,55 \text{ р.}$$

Затраты на изготовление конструкторской разработки колёсной муфты с дистанционным управлением сведём в таблицу 15.

Таблица 15 – Затраты на изготовление конструкторской разработки колёсной муфты с дистанционным управлением

Обозначение	Числовое значение, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	120
Стоимость изготовления оригинальных деталей	622,12
Общая заработная плата на сборку	3640
Общепроизводственные накладные расходы	288,82
Стоимость покупных изделий	99,61
Итого:	4770,55

Общие затраты на изготовление конструкции колёсной муфты с дистанционным управлением равны 4770,55 р. Это для одной стороны,

стоимость комплекта составит (две стороны): $4770,55 \cdot 2 \cdot 1,125$ (коэффициент, учитывающий монтаж) 10733,73 р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{\text{пр}} - C_{\text{кон}}, \quad (79)$$

где $C_{\text{пр}}$ – стоимость прототипа, р. [25].

$$\mathcal{E}_Г = 15000 - 10733,73 = 4266,27 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{кон}}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (80)$$

$$O_{\text{ок}} = \frac{10733,73}{4266,27} = 2,51 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{\text{кон}}, \quad (81)$$

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = 4266,27 - 0,15 \cdot 10733,73 = 2656,21 \text{ р.}$$

В таблице 16 представлены основные показатели проекта.

Таблица 16 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	15000	10733,73
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	4266,27

Продолжение таблицы 16

Показатели	Единица	Значение
------------	---------	----------

	измерения	До внедрения	После внедрения
Экономический эффект	р.	–	2656,21
Срок окупаемости	год	–	2,51

Выводы по разделу.

В разделе определена эффективность разработки конструкции колёсной муфты с дистанционным управлением с экономической стороны.

Стоимость разработки конструкции колёсной муфты с дистанционным управлением (пара) составляет 10733,73 р., срок окупаемости равен 2,51 года, что является допустимым для данной конструкции.

Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта была разработана колёсная муфта с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER.

Ключевым вопросом дипломной работы являлось проектирование конструкции колёсной муфты с дистанционным управлением для быстрого отключения/подключения передних колес к приводу автомобиля УАЗ HUNTER, а именно разъединение полуоси привода и ступицы колеса с целью минимизации износа деталей автомобиля и уменьшения расхода топлива. Колёсные ступицы отключают передние колеса автомобиля от трансмиссии и от приводов переднего моста.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрены способы повышения параметров проходимости автомобиля, выполнен анализ способов подключения ведущих колёс;
- выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля УАЗ HUNTER;
- рассмотрены требования к механизму подключения колёс, разработана кинематическая схема подключения колёс, выполнены конструкторские расчеты, выполнен прочностной расчёт наиболее нагруженных деталей в ступице ведущего моста;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки колёсной муфты с дистанционным управлением;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки колёсной муфты с дистанционным управлением для автомобиля УАЗ HUNTER с экономической стороны.

Список используемой литературы и используемых источников

1 Автомобили УАЗ-315119-095, УАЗ-31519-195 : РЭ 05808600.089-2003 (доп. к руководству по эксплуатации РЭ 05808600.072-2000) / УАЗ. - Ульяновск : Ульян. автомоб. з-д, 2003. - 19 с.

2 Беляев В. П. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для самостоятельной работы студентов : для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / В. П. Беляев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. «Автомобили». - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2010. - 74, [1] с

3 Вахламов В. А. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)» направления подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» / В. К. Вахламов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2009. - 556, [1] с.

4 Войнаш А. С. Конструкция, теория и расчет малогабаритных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / А. С. Войнаш, С. А. Войнаш, Т. А. Жарикова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова", Рубцовский индустриальный институт. - Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. - 132 с.

5 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине «Конструкции подъемно-транспортных, строительных,

дорожных средств и оборудования» : [практикум] / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 115 с.

6 Горина Л. Н., Фесина М. И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. - 22 с.

7 Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. «Колесные, гусеничные машины и автомобили». - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, [1] с.

8 Демура Н. А. Экономика предприятия [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, Л. И. Ярмоленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2018. - 124 с.

9 Дубинин Н. Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 190109 - Наземные транспортно-технологические средства специализации «Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях» / Н. Н. Дубинин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. - 258 с.

10 Зузов В. Н. Механика наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / В. Н. Зузов ; Московский гос.

технический ун-т им. Н. Э. Баумана. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 185, [1] с

11 Кондратьева-Бейер М. В. Automobil und traktor [Текст] = Автомобиль и трактор : Немецкая хрестоматия / М. В. Кондратьева-Бейер, Ю. В. Бейер. - Москва ; Ленинград : Гос. техн.-теоретич. изд-во, 1933 (М. : 17 тип. треста "Полиграфкнига"). - Обл., 179 с.

12 Кротов С. В. Расчеты на прочность и жесткость элементов конструкций и сооружений с применением ANSYS : учебное пособие / С. В. Кротов; Росжелдор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" (ФГБОУ ВО РГУПС). - Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022. - 95 с.

13 Лебедев В. А. Технология машиностроения: проектирование технологии сборки изделий : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / В. А. Лебедев ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Дон. гос. техн. ун-т, Азов. технол. ин-т. - Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2005. - 161 с.

14 Митрохин Н. Н. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учебник : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 15.03.01 «Машиностроение» (квалификация (степень) «бакалавр») / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 262, [1] с.

15 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-

технологические средства» / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

16 Поливаев О. И. Тракторы и автомобили. Конструкция [Текст] : учебное пособие для вузов / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Москва : КноРус, 2016. - 251 с. Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет». - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

17 Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 «Наземные транспортно-технологические средства» / А. Н. Савкин, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. технический ун-т. - Волгоград : ВолгГТУ, 2014. - 211 с.

18 Черепанов Л. А. Наземные транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта : электронное учебно-методическое пособие / Л. А. Черепанов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения. - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

19 Школьников А. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие / А. И. Школьников ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. радиотехнических систем. - Челябинск : ЮУрГУ, 2009. - 63, [3] с.

20 Шубин А. А. Разработка технологического процесса изготовления детали [Текст] : учебное пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология производства наземных транспортно-технологических средств» / А. А. Шубин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Калужский филиал. - Калуга : Манускрипт, cop. 2018. - 65 с.

21 Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.

22 Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, [1] p.

23 Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, [1] p.

24 Regan F. J. Re-entry vehicle dynamics / Frank J. Regan. - New York : Amer. inst. of aeronautics a. astronautics, 1984. - X, 414 p.

25 Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Happian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.

Приложение А
Спецификация

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документация</i>							
А4			23.ДП.01.168.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1		
А1			23.ДП.01.168.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	1		
<i>Сборочные единицы</i>							
1			23.ДП.01.168.61.01.000	Тормозной механизм со ступицей в сборе	1		
<i>Детали</i>							
А3	2		23.ДП.01.168.61.00.002	Колесо зубчатое m=3,0; Z=42	1		
	3		23.ДП.01.168.61.00.003	Прокладка	2		
А2	4		23.ДП.01.168.61.00.004	Ведомый вал дортовой передачи	1		
	5		23.ДП.01.168.61.00.005	Муфта	1		
	6		23.ДП.01.168.61.00.006	Пружина	1		
А4	7		23.ДП.01.168.61.00.007	Прокладка	1		
А4	8		23.ДП.01.168.61.00.008	Крышка	1		
<i>Стандартные изделия</i>							
	9			Болты М6х1-16-г6 ГОСТ 15589-70	8		
	10			Шайбы 6.65Г ГОСТ 6402-70	8		
	11			Винты М4х0,5-г6 ГОСТ 17475-80	4		
			23.ДП.01.168.61.00.000				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Лист	Лист	<i>Ступица ведущего моста</i>			Лист	Листов
Проб.	Лист	Лист				Лист	Листов
Н.контр.	Лист	Лист	ТГУ, АТс-1801z				
Утв.	Лист	Лист					
			<i>Копировал</i>				
			<i>Формат А4</i>				

Рисунок А.1 – Спецификация на ступицу ведущего моста