

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 кафедры)

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 Повышение проходимости грузового автомобиля ГАЗель NEXT
путем разработки межколёсного дифференциала

Студент

С.А. Скоков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.Р. Галиев

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Данный дипломный проект выполнен на тему: «Повышение проходимости грузового автомобиля ГАЗель NEXT путем разработки межколёсного дифференциала».

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложение, всего 90 страниц с приложениями. Графическая часть содержит 8 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

Была предложена и разработана собственная схема и конструкция механизма самоблокировки дифференциала заднего моста, которая позволяет блокировать полуоси заднего моста автомобиля. Это значительно увеличит проходимость и безопасность автомобиля данной категории. Расчёты показали, что все элементы конструкции выдерживают прикладываемые нагрузки.

В разделе технического обслуживания разработана карта ТО заднего моста автомобиля категории N_1 , подобрано оборудование.

Также был рассмотрен вопрос по безопасности жизнедеятельности, в котором были отражены вопросы безопасной эксплуатации автомобиля категории N_1 .

В конце дипломного проекта представлен раздел расчёта технико-экономических показателей. Была подсчитана стоимость изготовления разработки а так же годовая экономия, годовой экономический эффект и срок окупаемости.

Abstract

This graduation work is devoted to the increasing the cross-country ability of the «GAZelle NEXT» truck by developing the cross-axle differential. The given graduation work consists of an explanatory note on 90 pages and the graphic part on 8 A1 sheets.

This graduation work is fully consistent with the assignment. The explanatory note consists of 6 main parts, conclusions and proposals, list of references and appendices.

In our work we propose and develop the original scheme and construction of a mechanism for self-locking differential of the rear axle, which allows to block the half-shafts of the vehicle's rear axle. It will significantly increase the all-terrain capability and safety of the vehicle in this category. Calculations showed that all structural elements withstand the applied loads.

In the special part of the graduation project we develop the maintenance flow chart for the rear axle N₁ category and select the equipment.

We also considered the safety issue, which reflected the rules for the safe operation of a N1 category car.

Finally, in our work we presented the calculation of the technical and economic indicators.

The cost of manufacturing the developed construction was calculated. Also, the annual savings, annual economic effect and payback period were calculated.

Содержание

Введение.....	6
1 Исследование состояния вопроса.....	8
1.1 Основные типы автомобильных трансмиссий, их преимущества и недостатки.....	8
1.2 Назначение и типы дифференциалов.....	14
1.3 Требования к конструкции дифференциала.....	20
1.4 Постановка цели и задач проектирования.....	27
2 Теоретические предпосылки конструирования.....	28
2.1 Способы повышения тяговой динамики автомобиля.....	28
2.2 Обзор конструкций трансмиссий существующих автомобилей различных категорий.....	29
2.3 Основные способы блокировки дифференциалов.....	34
3 Конструкторская часть.....	40
3.1 Выбор модельного автомобиля категории N1 для дальнейшей модернизации трансмиссии.....	40
3.2 Направление дальнейшей модернизации трансмиссии автомобиля категории N1.....	43
3.3 Разработка структурной схемы проектируемой главной передачи.....	46
3.4 Прочностные расчёты разрабатываемой конструкции.....	46
4 Разработка технологии технического обслуживания и ремонта автомобиля категории N1.....	56
5 Производственная и экологическая безопасность проекта.....	58
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1.....	58
5.2 Определение профессиональных рисков.....	60
5.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....	61
5.4 Пожарная безопасность.....	67

5.5 Экологическая безопасность технологического процесса ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1	69
5.6 Расчёт освещения зоны ТО	71
6 Расчёт технико-экономических показателей проекта	74
Заключение	84
Список используемой литературы и используемых источников.....	85
Приложение А Спецификации.....	88

Введение

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 [1].

Различные виды транспорта играют различную роль в транспортном комплексе различных стран. Например, в странах Европы автомобильные перевозки из общего объёма грузоперевозок составляют более 80%. В России же, в связи с большой географической протяжённостью, автомобильный транспорт изначально, со времён СССР, формировался как обслуживающий для железнодорожного и водного. Но с началом массового строительства дорог, улучшением их качества доля автоперевозок стала существенно возрастать, в том числе значительно возросли объёмы дальних автоперевозок. Сейчас автомобильный транспорт играет существенную роль в транспортном комплексе страны.

«Существуют различные автопредприятия, но все можно разделить на два типа: специализированные, основным видом деятельности которых является оказание транспортных услуг различным юридическим и физическим лицам, и ведомственные, организованные при различных промышленных и сельскохозяйственных предприятиях для обслуживания основного производства, и являющиеся их подразделением. Первые из выше указанных, имеют достаточно значительный автопарк, что связано с экономией и возможностью более качественно проводить различных виды технических воздействий квалифицированными специалистами при наличии на балансе специального, и часто, дорогостоящего оборудования» [1].

Автомобиль технически стареет, по истечению времени меняется, в результате постоянно проходящих процессов в механизмах автомобиля,

снижается безопасность движения, его надежность. Эксплуатационные условия, характер выполняемых работ и назначения автомобиля, серьезно влияют на надежность и работоспособность в целом. Долговечность автомобиля сохраняет эффективность использования автопарка, причиной возникновения поломок, является старение, износ деталей, в процессе эксплуатации или хранения. В качестве профилактических мер, для поддержания работоспособности, необходимо следовать рекомендациям технической документации и выполнять регламентные технические мероприятия.

«Мероприятия по поддержанию подвижного состава автомобильного транспорта в исправном и работоспособном состоянии разрабатываются на основе плано-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей. Плано-предупредительная система технического обслуживания и ремонта автомобилей является комплексом взаимосвязанных мероприятий, которая определяет технологию и организацию проведения работ по ТО и ремонту автомобилей для конкретных условий эксплуатации с целью обеспечения необходимых показателей качества. При этом трудовые и материальные затраты на поддержание подвижного состава в технически исправном состоянии весьма значительны и в течение нормативного срока службы автомобиля в несколько раз превышают затраты на его приобретение. Поэтому правильная организация проведения технического обслуживания и ремонта всего гаражного хозяйства является одним из главных резервов снижения себестоимости автоперевозок» [2].

Всегда, с редким исключением, дорог в сельской местности нет, либо они находятся в неудовлетворительном состоянии, что приводит к частым ремонтам агрегатов и систем автомобилей. При экстремальных условиях эксплуатации желательно иметь достаточно применимый автомобиль с возможностью самоблокирования дифференциала.

1 Исследование состояния вопроса

1.1 Основные типы автомобильных трансмиссий, их преимущества и недостатки

«Трансмиссией называется силовая передача, осуществляющая связь двигателя с ведущими колесами автомобиля, которая служит для передачи от двигателя к ведущим колесам мощность и крутящего момент, необходимый для движения автомобиля» [3].

Перемещение становится возможным, при наличии сил трения, при достаточном сцеплении ведущих колес с дорогой, зависящее от веса автомобиля, от состояния дороги, типа покрытия и других факторов и оценивается коэффициентом сцепления. Сила, толкающая поступательно автомобиль, тяговая сила, равна реакции поверхности дороги толкающей ведущее колесо, передается от ведущего колеса, на конструкцию автомобиля в целом.

Крутящий момент от двигателя, принимают колеса в различных сочетаниях, от этого зависит какому типу привода относится автомобиль. Разделяют три основных типа приводов: передний; задний классический; и полный, каждый со своими функциональными возможностями, и недостатками [4].

Недостатком заднеприводных автомобилей является управляемость, плохое сопротивление заносам, на заснеженных дорогах. У переднеприводных автомобилей проходимость и управляемость лучше, расположение двигателя смещает центр масс, в сторону ведущих колес, улучшая сцепление с дорогой. Но проходимость переднеприводных и заднеприводных автомобилей очень ограничена, по сравнению с полноприводными автомобилями. Мировые автопроизводители, ввели понятие колесной формулы, по которой легко определить: число колес, первая цифра формулы; количество ведущих колес, вторая цифра; парное

колесо, на одной полуоси, считается как одно. Расшифруем, колесную формулу легкового автомобиля 4×2 - всего четыре колеса, два из них ведущие.

Колесные формулы 4×4 и 6×4 принадлежат полноприводным автомобилям, с повышенной проходимостью, показывают соответственно: всего четыре колеса и все ведущие, полный привод; всего шесть колес из них четыре ведущих.

Автомобильная промышленность выпускает специальные трехосные и четырехосные полноприводные автомобили с высокой проходимостью, способные преодолевать естественные препятствия в виде рвов, крутых подъемов и спусков, им не страшны диагональные вывешивания. Колесные формулы 6х6 и 8х8, три и четыре моста соответственно, все колеса ведущие.

Колесная формула и еще один параметр, тип трансмиссии влияет на управляемость, комфорт, экономичность и условия эксплуатации. Автомобильные компании разрабатывают автомобильные трансмиссии различных типов, рисунок 1. В XX веке наиболее популярными и востребованными стали ступенчатые, механические коробки передач [5].

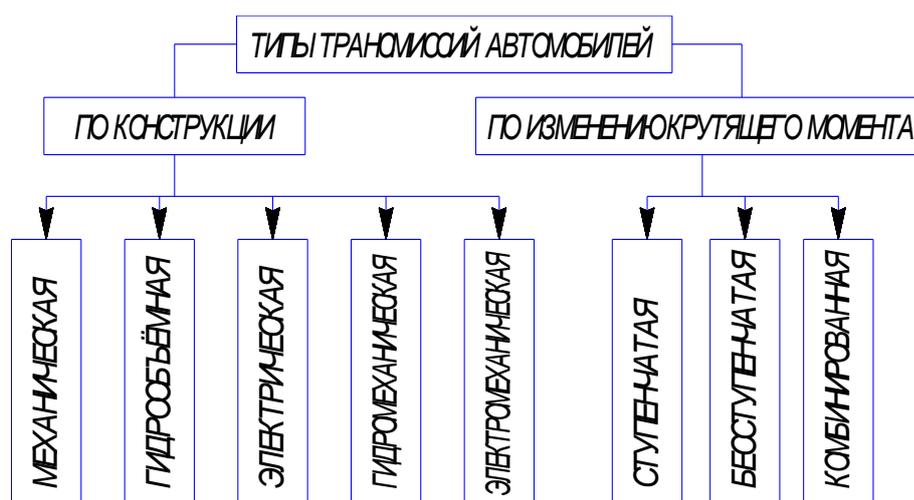
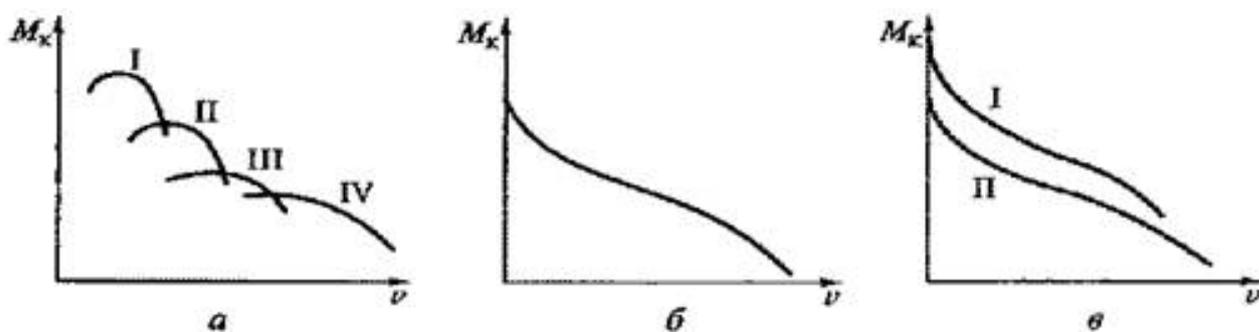


Рисунок 1 – Тип автомобильных трансмиссий

Тип выбираемой трансмиссии зависит от целей и задач проектируемого автомобиля, от предполагаемого количества ведущих колес и их положения.

Графическая зависимость передаваемого крутящего момента от типа трансмиссии (рисунок 2).



а – ступени; б – вариатор, в – гидромеханической; I...VI – передачи коробки; M_k – крутящий момент; v – скорость автомобиля

Рисунок 2 – Графики изменения крутящего момента в трансмиссиях

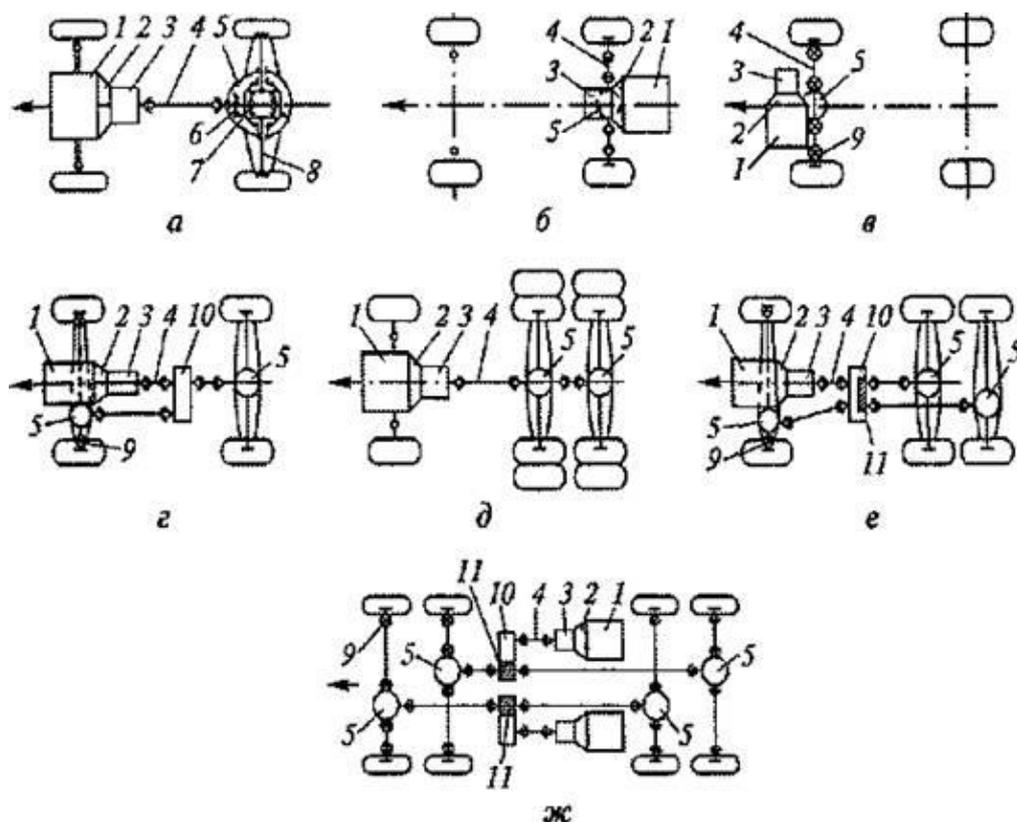
Трансмиссия объединяет: коробку передач, корзину сцепления, главную передачу, дифференциал и или кардан, или приводные валы. Техническое состояние перечисленных узлов и агрегатов напрямую влияют на эксплуатационные свойства автомобиля, расход топлива, снижение мощности, проходимости, ухудшается экологичность.

По типу механизма преобразующего крутящий момент, трансмиссии делятся на механические, гидромеханические и электромеханические. В свою очередь механические делятся на ступенчатые и бесступенчатые. Как следует из названия, у механической ступенчатой трансмиссии, изменение передаточного числа между валом двигателя и выходным валом, реализуется переключением механизма шестерен коробки передач, с постоянным передаточным числом, каждой ступени – ступенчато, рисунок 2а. Простота конструкции, относительно небольшая стоимость при высокой надежности сделали механические ступенчатые трансмиссии наиболее распространенными в XX веке [5].

«На автомобиле с классическим задним приводом, колесной формулой 4x2, и расположением двигателя спереди (рисунок 3, а), трансмиссию составляют: сцепление 2, коробка передач 3, карданная передача 4, главная

передача 6, дифференциал 7 и полуоси 8. Крутящий момент от двигателя 1, через сцепление 2 передается в коробку передач 3, где может ступенчато меняться. От коробки передач крутящий момент через карданную передачу 4 подводится к главной передаче 6 ведущего моста 5, далее распределяясь дифференциалом 7 через полуоси 8 к задним ведущим колесам» [3].

Выбирая классический привод, крутящий момент от оси двигателя передается на заднюю ось, данная компоновка равномерно распределяет нагрузки по осям, отсутствие вибрации, шума передних приводов, создает комфорт достойный автомобилям премиум-класса, Европы, Америки и Японии. В сравнении с переднеприводным, автомобиль с классическим задним приводом склонен к заносу и обладает меньшей проходимостью.



а, б, в – 4×2; г – 4×4; д – 6×4; е – 6×6; ж – 8×8;

1 – двигатель; 2 – сцепление; 3 – коробка передач; 4 – карданная передача; 5 – ведущий мост; 6 – главная передача; 7 – дифференциал; 8 – полуоси; 9 – карданный шарнир; 10 – раздаточная коробка; 11 – межосевой дифференциал

Рисунок 3 – Схемы механических трансмиссий автомобилей с различными колесными формулами

«Механические трансмиссии легковых автомобилей с колесной формулой 4×2 могут иметь разную компоновку агрегатов: задние ведущие колеса и двигатель 1 сзади (рисунок 3, б) или передние ведущие колеса и двигатель спереди (рисунок 3, в). Такие трансмиссии не имеют карданной передачи между коробкой передач и ведущим мостом и включают в себя сцепление 2, коробку передач 3, главную передачу, дифференциал и привод ведущих колес, который осуществляется полуосями, а не карданной передачей. Карданные шарниры 9 равных угловых скоростей применяются как привод ведущих, управляемых колес» [3].

Это наиболее простые конструктивно трансмиссии, легки и компактны, дешевы при изготовлении.

Располагая двигатель с трансмиссией сзади (рисунок 3, б) получаем комфортный тихий салон, без шума работающего двигателя и шума переднего привода. Трогаясь, центр масс оказывается на задней ведущей оси, улучшая сцепление и старт автомобиля, предусмотренные элементы пассивной безопасности, создадут для водителя и пассажиров, кокон безопасности при столкновениях.

Положение двигатель и трансмиссия спереди (рисунок 3, в), снижает себестоимость и дает возможность производителю выпускать недорогие автомобили, улучшенной управляемостью и устойчивостью на скользких дорогах. В сравнении с классическим задним приводом, переднеприводный автомобиль не склонен к заносу и обладает большей проходимостью.

«Механическая трансмиссия автомобиля с колесной формулой 4×4 с передним расположением двигателя (рисунок 3, г) кроме сцепления 2, коробки передач 3, карданной передачи 4 и заднего ведущего моста 5 дополнительно включает в себя передний ведущий управляемый мост и раздаточную коробку 10, соединенную с этим мостом и коробкой передач 3 карданными передачами» [3]. Крутящий момент от раздаточной коробки передается на все колеса машины. Деление на виды, в зависимости от того, как распределяется крутящий момент раздаточной коробкой, для включения

ведущего моста переднего или заднего, распределяющей равномерно энергию двигателя между четырьмя ведущими колесами автомобиля и распределяющей крутящий момент неравномерно в зависимости от состояния дороги.

«Передний ведущий мост имеет главную передачу, дифференциал и привод колес в виде карданных передач с шарнирами 9 равных угловых скоростей, обеспечивающих подведение крутящего момента к передним ведущим управляемым колесам» [3].

«У автомобилей с колесной формулой 6×4 (рисунок 3, д) крутящий момент к среднему (промежуточному) и заднему ведущим мостам может подводиться одним общим валом. В этом случае главная передача среднего моста имеет проходной ведущий вал» [4].

У автомобиля с колесной формулой 6×6 (рисунок 3, е) крутящий момент к среднему и заднему ведущим мостам может подводиться и раздельно – двумя валами. В раздаточной коробке этих автомобилей имеется специальное устройство для включения привода переднего моста или межосевой дифференциал 11, распределяющий крутящий момент между ведущими мостами» [4].

«Автомобили с колесной формулой 8×8 обычно имеют потележечное расположение ведущих мостов, при котором сближены ведущие мосты - первый со вторым и третий с четвертым. При этом первые два моста являются и управляемыми» [4].

«При установке двух двигателей 1 (рисунок 3, ж) трансмиссия таких автомобилей имеет два сцепления 2, две коробки передач 3 и две раздаточные коробки 10 с межосевыми дифференциалами 11. При этом автомобиль может двигаться при одном работающем двигателе» [4].

С экономической точки зрения, сравнивая, механические трансмиссии просты, обладают низкой себестоимостью, и дают возможность производителю выпускать недорогие автомобили, надежные с высоким КПД. В сравнении с автоматической трансмиссией чувствуется провал мощности

при выжатом сцеплении для переключения передачи, снижающем скоростные качества, неравномерность тяговых свойств ухудшает проходимость автомобиля. Влияние человеческого фактора на управляемость, квалификация водителя важный аргумент эксплуатации автомобиля с механической трансмиссией.

1.2 Назначение и типы дифференциалов

«Дифференциалом называется механизм, распределяющий поровну, крутящий момент между двумя ведущими колесами, независимо от условий движения. Дифференциал служит для передачи ведущим колесам разной скорости вращения, сохраняя паритет крутящего момента, между ведущими колесами автомобиля, совершающего маневр кругового движения» [3].

Дифференциал сохраняет паритет, распределяя крутящий момент между колесами поровну, минусом является смещенное распределение мощности, на колесо, которое вращается быстрее, будет придана большая мощность.

Пробуксовка значительно снижает проходимость автомобиля со свободным дифференциалом, если автомобиль не оснащен блокировкой дифференциала.

В зависимости от предназначения автомобилей, применяются различные типы дифференциалов (рисунок 4).

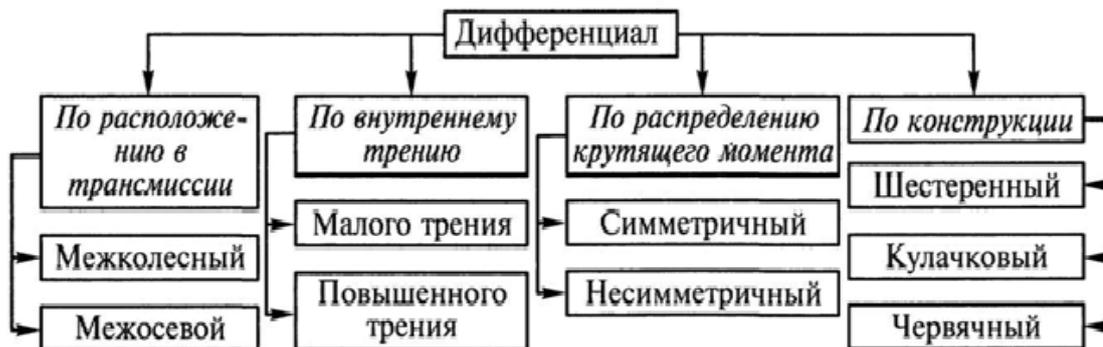


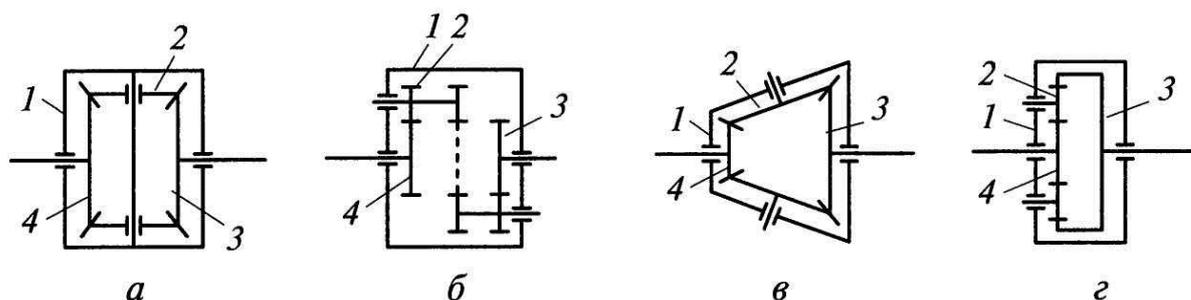
Рисунок 4 – Классификация по типам дифференциалов

«Дифференциал, распределяющий крутящий момент двигателя между ведущими колесами автомобиля, называется межколесным.

Дифференциал, который распределяет крутящий момент двигателя между ведущими мостами автомобиля, называется межосевым.

Чаще всего на автомобили устанавливают межколесные, конические дифференциалы, симметричные, малого трения» [5].

«Симметричный дифференциал распределяет поровну крутящий момент. Его передаточное число равно единице ($u_d' = 1$), то есть полуосевые шестерни 3 и 4 (рисунок 5, а, б) имеют одинаковый диаметр и равное число зубьев. Симметричные дифференциалы устанавливают на автомобили в качестве межколесных, распределяя крутящий момент поровну между ведущими приводами» [5].



а, б – симметричные; в, г – несимметричные;
1 – корпус; 2 – сателлит; 3, 4 – шестерни

Рисунок 5 – Шестеренчатые дифференциалы

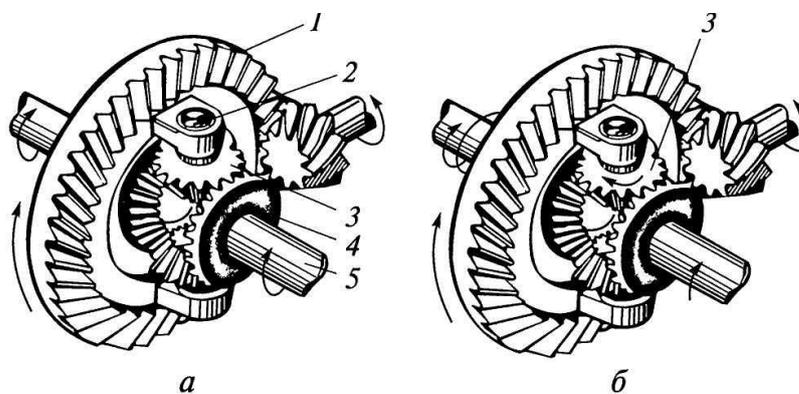
«Несимметричный дифференциал распределяет крутящий момент не поровну. Передаточное его число фиксировано и не равно единице, то есть привода 3 и 4 (рисунок 5, в, г) имеют разные диаметры и количество зубьев. Несимметричные межосевые дифференциалы устанавливают на автомобили повышенной проходимости, распределяя крутящий момент на ведущие мосты» [5].

«Шестеренчатый дифференциал. Межколёсный конический симметричный дифференциал (рисунок 5, а) состоит из корпуса 1, сателлитов

2, полуосевых шестерен 3 и 4, которые соединены полуосями с ведущими колесами автомобиля. В механизме дифференциала, автомобиля с типом кузова седан, два свободно вращающихся на оси сателлита, а у грузового автомобиля - четыре сателлита, на шипах крестовины» [6].

«Представим автомобиль движущейся прямолинейно по идеально ровному полотну дороги, (рисунок 6, а) ведущие колеса проходят одинаковые пути, встречают одинаковое сопротивление движению и вращаются с одинаковой угловой скоростью. В представленных идеальных условиях, механизм в корпусе дифференциала: сателлиты и полуосевые шестерни вращаются как единое целое. Сателлиты 3, заклинив полуосевые шестерни 4 стоят, не вращаясь, распределяя на ведущие колеса одинаковые крутящие моменты.

В естественных условиях дорожное покрытие имеет неровности и отклонения от прямолинейности, перекрестки и круговые развязки. Автомобиль, совершает маневр поворота (рисунок 6, б): внутреннее колесо, испытывает большее сопротивление движению, чем наружное колесо, вращаясь медленнее, замедляет вращение полуосевая шестерня; сателлиты 3 начинают вращаться вокруг своих осей, ускоряя вращение полуосевой шестерни наружного колеса, создавая разницу скоростей, необходимую для движения в повороте» [7].



а – по прямой; б – на повороте;
1, 4 – шестерни; 2 – корпус; 3 – сателлит; 5 – полуось

Рисунок 6 – Работа дифференциала при движении автомобиля

«Подобные процессы происходят с дифференциалом автомобиля движущего по неровной дороге, ведущие колеса испытывают разное сопротивление движению, проходят разное расстояние, с разной скоростью вращения» [7].

Разница скоростей вращения ведущих колес, при условии равного деления крутящего момента между колесами, распределяет мощность, на колеса, согласно формуле: перемножив крутящий момент и угловую скорость, получим мощность. При диагональном вывешивании колес, одно из ведущих колес, наращивая мощность, вращается в вывешенном состоянии, не встречая сопротивления. Скорость статичного колеса равна нулю, подставив известные значения к формуле, подводимая мощность к статичному колесу будет равна нулю, автомобиль останется неподвижен. Похожий пример: При попытке тронуться, буксующее колесо не будет иметь сцепления с дорогой, а второе будет стоять, т.е. не создается необходимый для начала движения, крутящий момент, подводимая мощность равна нулю, автомобиль останется стоять. При быстром вращении одного и неподвижного другого колеса.

Для включения в работу, стоящего колеса разработаны различные механизмы блокировки работы дифференциала, ручные или автоматические, соединяя зубья полуоси с ведомой шестерней дифференциала. Выключив дифференциал, стоящее колесо с лучшим сцеплением, начнет вращаться, увеличится крутящий момент, подводимая мощность. В реальных дорожных условиях суммарная подводимая мощность возрастет на 20 %, повышая проходимость автомобиля.

Конический симметричный дифференциал – планетарный шестеренный, трехзвенный механизм с двумя степенями свободы, дает возможность обоим колесам на ведущей оси, автоматически подстраивать скорость, в зависимости от дорожных условий, повышая маневренность автомобиля.

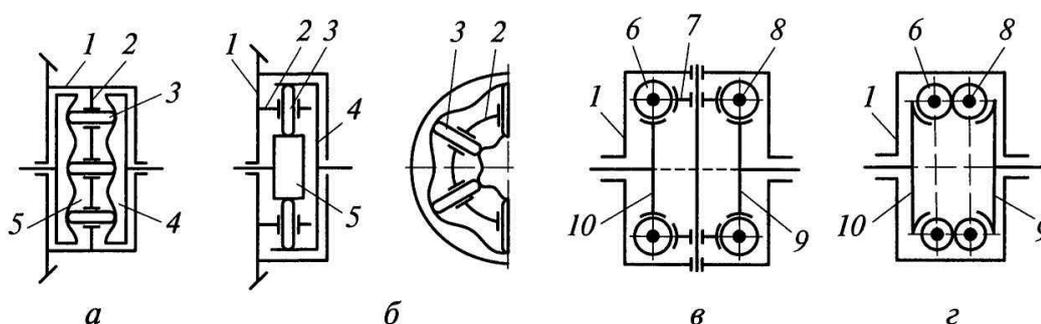
Уменьшая трение, для повышения срока службы дифференциала,

сказывается, на проходимость автомобиля, решается самоблокировкой дифференциала.

Появление межколесного, конического симметричного дифференциала, изменило экономику бизнеса логистических операций, сократив расходы на топливо и амортизационные расходы на авто резину. Конструктивная простота решения сложных технических вопросов, побуждает называть данный механизм, простым дифференциалом.

Межосевой и межколесный дифференциал распределяют крутящий момент, в первом случае, между осями, при постоянном полном приводе и во втором, между колесами. Блокируя межколесный дифференциал, полного привода, крутятся будут все колеса, отключив блокировку, по колесу на каждой ведущей оси. Для преодоления сложного участка дороги водитель, не покидая водительской кабины, блокирует дифференциал, механическим, гидравлическим или пневматическим приводом. Форсировав трудно проходимый участок, необходимо отключить блокировку, экономя топливо и избегая ненужного износа резины.

«Кулачковые дифференциалы. Кулачковые (сухарные) дифференциалы могут быть с горизонтальным (рисунок 7, а) или радиальным (рисунок 7, б) расположением сухарей. Сухари 3 размещаются в один или два ряда в отверстиях обоймы 2 корпуса 1 дифференциала между полуосевыми звездочками 4 и 5, которые установлены на шлицах полуосей» [7].



1 – корпус; 2 – обойма; 3 – сухарь; 4, 5 – звездочки; 6, 8 – червяки;
7 – сателлиты; 9, 10 – шестерни

Рисунок 7 – Кулачковые (а, б) и червячные (в, г) дифференциалы

«При прямолинейном движении автомобиля по ровной дороге сухари неподвижны относительно обоймы и полуосевых звездочек. Своими концами они упираются в профилированные кулачки полуосевых звездочек и расклинивают их. Все детали дифференциала вращаются как одно целое, и оба ведущих колеса автомобиля вращаются с одинаковыми скоростями.

При движении автомобиля на повороте или по неровной дороге сухари перемещаются в отверстиях обоймы и обеспечивают ведущим колесам автомобиля разную скорость вращения без проскальзывания и буксования.

Кулачковые дифференциалы, наиболее перспективные, имеющие значительное внутреннее трение, позволяющее эффективно перераспределять крутящий момент на небуксующее колесо, в ущерб буксующего колеса. Сокращаются потери суммарной тяговой силы на ведущих колесах, достигаются максимальные значения, улучшается проходимость автомобиля» [8].

Кулачковые дифференциалы имеют те же положительные свойства, что и свободные дифференциалы: легкие и простоты конструктивно, но отличаются сносной проходимостью.

«Червячные дифференциалы. Червячные дифференциалы могут быть с сателлитами или без сателлитов. В червячном дифференциале с сателлитами (рисунок 7, в) крутящий момент от корпуса 1 дифференциала через червячные сателлиты 7 и червяки 6 и 8 передается полуосевым червячным шестерням 9 и 10, которые установлены на шлицах полуосей, связанных с ведущими колесами автомобиля» [8].

ДАК, дифференциал автоматический Красикова, разработан в Челябинске и изготавливается с 2002 года. Шариковый дифференциал легкий, имеет габариты и вес, похожие с червячным и свободным дифференциалом. Двигаясь прямолинейно, колеса автомобиля вращаются с одинаковой скоростью, шнеки полуосей катают шарики по замкнутым каналам, при появлении разницы в скоростях вращения колес, шарики заклинивают шнеки, не давая поворачиваться, относительно друг друга, дифференциал

автоматически заблокирован, разблокировка происходит при выравнивании скоростей вращения.

Во время блокировки, детали шарикового дифференциала становятся неподвижными и остаются неподвижными на всем протяжении блокировки, не испытывая трения и нагревания, без износа.

Для изготовления шарикового дифференциала, предъявляются высокие требования к однородности качества стальных заготовок и оборудованию механической обработки.

1.3 Требования к конструкции дифференциала

Дополнительно к общим требованиям к конструкции автомобиля к дифференциалу предъявляются дополнительные требования, в соответствии с которыми он должен:

- передать крутящий момент на ведущее колесо, если другое потеряло сцепление с дорогой, улучшать внедорожные качества автомобиля для движения по бездорожью;
- улучшать эффективность, снижая габаритные размеры.

Рассмотрим соответствие существующих типов дифференциалов с требованиями к дифференциалу.

«Передача крутящего момента.

Для выявления технической возможности дифференциала, в зависимости от условий движения, эффективно распределять крутящий момент по ведущим колесам, рассмотрим кинематику существующих типов дифференциалов, устанавливаемых на современные автомобили.

Устройство дифференциала, представляет собой планетарный механизм (рисунок 2, а), состоящий из трех позиций – корпус 1, сателлиты 2 и полуосевые шестерни левая 3 и правая 4» [7].

«При неподвижном корпусе кинематический параметр дифференциала (внутреннее передаточное число):

$$p = \frac{z_1}{z_2} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_2 - \omega_d}, \quad (1)$$

где z_1 и z_2 – числа зубьев полуосевых шестерен;

ω_1 , ω_2 , ω_d – угловые скорости соответственно полуосевых шестерен и корпуса дифференциала» [5].

Из этого выражения получим уравнение кинематики дифференциала:

$$\omega_1 - p\omega_2 = (1 - p) \cdot \omega_d, \quad (2)$$

При равенстве числа зубьев полуосевых шестерен кинематический параметр равен «-1» (дифференциал – симметричный, так как знак «-» указывает на вращение полуосевых шестерен в разные стороны при остановленном корпусе дифференциала» [5].

«При разном числе зубьев полуосевых шестерен кинематический параметр не равен 1 (дифференциал – несимметричный).

С учетом значения кинематического параметра кинематическое уравнение симметричного дифференциала примет следующий вид:

$$\omega_1 + \omega_2 = 2\omega_d, \quad (3)$$

Из приведенного уравнения следует, что при прямолинейном движении автомобиля угловые скорости равны, а при поворотах автомобиля в разные стороны (влево, вправо) угловые скорости полуосевых шестерен разные» [5].

«При уменьшении угловой скорости одного колеса на некоторую величину происходит увеличение угловой скорости другого колеса на такую же величину. Если одно из колес остановлено, то другое колесо вращается в этом случае в два раза быстрее, чем корпус дифференциала:

$$\begin{aligned}\omega_1 = 0, \omega_2 = 2\omega_d, \\ \omega_2 = 0, \omega_1 = 2\omega_d.\end{aligned}\tag{4}$$

Обычно такое происходит при буксовании одного из ведущих колес при неподвижном автомобиле.

Уравнение распределения моментов дифференциалом между ведущими колесами автомобиля имеет следующий вид:

$$M_1 + M_2 = M_d,\tag{5}$$

где ω_1 , ω_2 , ω_d – соответственно моменты на полуосях и корпусе дифференциала» [5].

«Симметричный дифференциал распределяет крутящий момент 50:50 на ведущие колеса, обеспечивая устойчивость и хорошую управляемость автомобилю при движении по хорошим дорогам с однородным покрытием, одновременно ухудшая внедорожные качества автомобиля» [6].

Буксующее ведущее колесо, потеряв сцепление (сопротивление), теряет до нуля и крутящий момент, а симметричный дифференциал, делит этот нулевой момент поровну с другим колесом и автомобиль не сдвинется, если не включить принудительную блокировку.

Дифференциал сделал возможным выполнять маневры поворота и разворота, но для преодоления ледяного участка дороги без включения механической или автоматической принудительной блокировки дифференциала не обойтись. При включении ручной блокировки нужно помнить о скоростном режиме применения, о том, что это временная мера, преодоления преграды, сильно нагружает полуоси и может привести к поломке. Автоматическая принудительная блокировка обеспечивает своевременное включение и отключение механизма, создавая комфортные условия для управляемости.

Коэффициент блокировки дифференциала сильно зависит от своего КПД. Дифференциал распределяет крутящий момент в определенной пропорции, которая задается его коэффициентом блокировки.

Инженеры из Германии в тридцатых годах, предложили упрощенный подход к понятию коэффициент блокировки дифференциала, пренебрегая силами трения в самом механизме, не учитывая автоколебаний в трансмиссии, равный отношению моментов отстающего колеса и забегающего.

При включении блокировки во время буксования колес, распределение крутящего момента носит бессистемный характер, с опасными пиковыми нагрузками, превосходящими расчетные, нередко приводящие к поломкам механизма.

Коэффициент блокировки дифференциала:

$$k_{\delta} = \frac{M_{OT}}{M_{ЗБ}}. \quad (6)$$

Для симметричного дифференциала:

$$M_{OT} = 0,5 \cdot (M_{Д} + M_{ТР}); M_{ЗБ} = 0,5 \cdot (M_{Д} - M_{ТР}), \quad (7)$$

где $M_{ТР}$ – момент трения в дифференциале.

При отсутствии трения $M_{OT} = M_{ЗБ} = 0,5 \cdot M_{Д}$.

Коэффициент блокировки симметричного дифференциала:

$$k_{\delta} = \frac{M_{Д} + M_{ТР}}{M_{Д} - M_{ТР}}. \quad (8)$$

Для несимметричного дифференциала:

$$M_{OT} = \frac{z_{OT}}{z_{ЗАБ} + z_{OT}} \cdot (M_D + M_{TP}),$$

$$M_{ЗАБ} = \frac{z_{ЗАБ}}{z_{ЗАБ} + z_{OT}} \cdot (M_D - M_{TP}).$$
(9)

где $z_{ЗАБ}$ – числа зубьев на забегающей полуосевой шестерне;
 z_{OT} – числа зубьев на отстающей полуосевой шестерне.

Для кулачкового дифференциала:

$$M_{OT} = \frac{n_{OT}}{n_{ЗАБ} + n_{OT}} \cdot \left(1 + \frac{M_{TP}}{M_D}\right) \cdot M_D,$$

$$M_{ЗАБ} = \frac{n_{ЗАБ}}{n_{ЗАБ} + n_{OT}} \cdot \left(1 - \frac{M_{TP}}{M_D}\right) \cdot M_D.$$
(10)

где $n_{ЗАБ}$ – числа кулачков на забегающей полуосевой звездочке полуоси;
 n_{OT} – числа кулачков на отстающей полуосевой звездочке полуоси;

У кулачковых дифференциалов, разработанных для Volkswagen Фердинандом Порше, коэффициент блокировки считается от 0,30 до 0,35.

Коэффициент блокировки находится в зависимости от множества факторов, и меряется шкалой от 1 до бесконечности. Бесполезный в практике симметричный дифференциал, теоритически без учета сил трения, имеет коэффициент блокировки 1, а при заблокированном дифференциале, бесконечность.

Оптимальный коэффициент блокировки дифференциала определяется по формуле:

$$k_{\text{онт}} = \frac{\varphi_{\text{max}}}{\varphi_{\text{min}}}, \quad (11)$$

где φ_{max} – коэффициент сцепления на отстающем колесе;

φ_{min} – коэффициент сцепления на забегающем колесе.

Реальные условия эксплуатации не предсказуемы. На испытаниях, с экстремальными дорожными условиями, коэффициент сцепления на сухом асфальте $\varphi_{\text{max}} = 0,8$ и льду $\varphi_{\text{min}} = 0,1$, коэффициент блокировки дифференциала 8 ед.

«В реальных условиях движения автомобиля по пересеченной местности, с пробуксовкой одного из колес, требуемый коэффициент блокировки стремиться к бесконечности.

Годы эксплуатации выявили точку оптимального значения коэффициента блокировки 4 ед., обеспечивая достаточные тяговые свойства автомобиля. Улучшение тяговых свойств автомобиля, повышением коэффициента блокировки, приводит к ухудшению управляемости, энергетическим потерям и уменьшению КПД передачи момента» [9].

«Коэффициент блокировки дифференциала зависит от потерь на трение в дифференциале. Так, для дифференциалов малого трения коэффициент блокировки равен от 0,5 до 2,0, а для дифференциалов повышенного трения – от 2,5 до 8,0.

КПД симметричного дифференциала при остановленном его корпусе:

$$\eta_{\text{дф}} = \frac{M_{\text{заб}}}{M_{\text{от}}} = \frac{M_{\text{д}} - M_{\text{тр}}}{M_{\text{д}} + M_{\text{тр}}}, \quad (12)$$

Коэффициент блокировки зависим от КПД симметричного дифференциала:

$$k_{\phi} = \frac{1}{\eta_{\phi}}. \quad (13)$$

Трение в дифференциале позволяет передавать больший крутящий момент на небуксующее колесо и меньший на буксующее, что может предотвратить буксование. В этом случае за счет трения в дифференциале суммарная тяговая сила на двух ведущих колесах автомобиля достигает максимального значения:

$$P_{T \max} = 2P_{cy. \min} + \frac{M_{TP}}{r_K}, \quad (14)$$

где $P_{cy. \min}$ – тяговая сила на колесе с меньшим сцеплением;

r_K – радиус колеса.

Наименьшее увеличение суммарной тяговой силы на ведущих колесах автомобиля за счет трения обеспечивает конический симметричный дифференциал (от 4 до 6 %), а наибольшее - кулачковый и червячный дифференциалы (от 10 до 15 %)» [5].

«Часто коэффициент блокировки дифференциала рассматривается как отношение момента трения в дифференциале к моменту на корпусе дифференциала:

$$k'_{\phi} = \frac{M_{TP}}{M_D} = \frac{M_{OT} - M_{ЗАБ}}{M_{OT} + M_{ЗАБ}}, \quad (15)$$

При отсутствии трения коэффициент блокировки равен 0» [5].

«При полностью заблокированном дифференциале коэффициент блокировки равен 100%. В зависимости от типа и конструкции дифференциала значения блокировки находятся в пределах от 0 до 100%, для шестеренных дифференциалов блокировка – от 5% до 15%, для кулачковых –

от 30% до 50% и для червячных – до 80%.

Для различных дорожных условий эксплуатации оптимальным является блокировка от 30% до 50%.

От размеров межколесного дифференциала, зависят размеры ведомой шестерни главной передачи, от диаметра ведомой шестерни зависит высота картера ведущего моста и клиренса влияющего на проходимость автомобиля. Компактный размер имеет конический симметричный дифференциал» [6].

1.4 Постановка цели и задач проектирования

В связи с вышесказанным (выше перечислены плюсы и минусы различных трансмиссий), целью работы является модернизация трансмиссии автомобиля путём разработки блокируемого межколёсного дифференциала, а так же разработка технологии технического обслуживания и ремонта.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- проработав действующие конструкции автомобильных трансмиссий, составим схему для разработки;
- выбрать грузовой автомобиль с разрешенной массой до 3,5 т. и встроить разработанный механизм;
- разработать структурную схему проектируемой трансмиссии;
- произвести основные расчёты проектируемой схемы;
- разработать сборочный чертёж проектируемой конструкции;
- изготовить рабочие чертежи основных деталей разработанной конструкции;
- разработать технологическую карту на ремонт, монтаж, демонтаж агрегатов трансмиссии;
- разработать мероприятия БЖД;
- рассчитать технико-экономические показатели проекта;
- сделать выводы и предложения дальнейшего улучшения.

2 Теоретические предпосылки конструирования

2.1 Способы повышения тяговой динамики автомобиля

«Способы повышения тяговой динамичности автомобиля:

- увеличение КПД трансмиссии (КПД трансмиссии показывает потерю мощности в трансмиссии, снижение КПД, связано с механическими и гидравлическими потерями мощности, потери на трение и на преодоление сопротивления вязкости масла, соответственно);
- применение синтетических трансмиссионных масел с привязкой к рабочим температурам (при изменении температуры сохраняют заявленную вязкость, дольше сохраняют смазывающие и моющие свойства);
- правильный подбор передаточных чисел трансмиссии и увеличение числа передач (передаточное число главной передачи влияет на мощностные характеристики и быстроту набора максимальной скорости. Чем больше передаточное число, тем как говорят, короче передача и мощнее. Промежуточные ступени подбирают так, чтобы скрыть провалы мощности при переключении и продемонстрировать интенсивный разгон, от числа этих ступеней зависит динамичность автомобиля. Сравнивая скоростные возможности четырех и пяти ступенчатой коробки передач, с одинаковыми первой и последней передачами, наблюдаем преимущества пятиступенчатой коробки передач.);
- подбор номинальной массы автомобиля (повышение массы автомобиля приводит к увеличению силы инерции и сил сопротивления качению и, как следствие, к ухудшению динамичности автомобиля);
- хорошие аэродинамические свойства автомобиля (для снижения сил: сопротивлению движения, подъемной силы и так далее);

- использование бензинового двигателя развивающего максимальную мощность при высоких оборотах (сравнивая с дизелем)» [5];
- применение привода на все колёса автомобиля (полный привод).
Применение полного привода повышает коэффициент сцепления с дорогой, повышает устойчивость и управляемость автомобиля;
- применение блокировок межколёсных дифференциалов.

Как видно из вышеперечисленного немаловажную роль в увеличении тяговой динамичности автомобиля играет его трансмиссия. Поэтому тема данного дипломного проекта посвящена именно модернизации трансмиссии.

2.2 Обзор конструкций трансмиссий существующих автомобилей различных категорий

«Механические ступенчатые трансмиссии.

В механических ступенчатых трансмиссиях передаваемый от двигателя к ведущим колесам крутящий момент изменяется ступенчато в соответствии с передаточным числом трансмиссии, которое равно произведению передаточных чисел шестеренных (зубчатых) механизмов трансмиссии. Передаточным числом шестеренного механизма называется отношение числа зубьев ведомой шестерни к числу зубьев ведущей шестерни» [10].

Данная трансмиссия была разобрана выше.

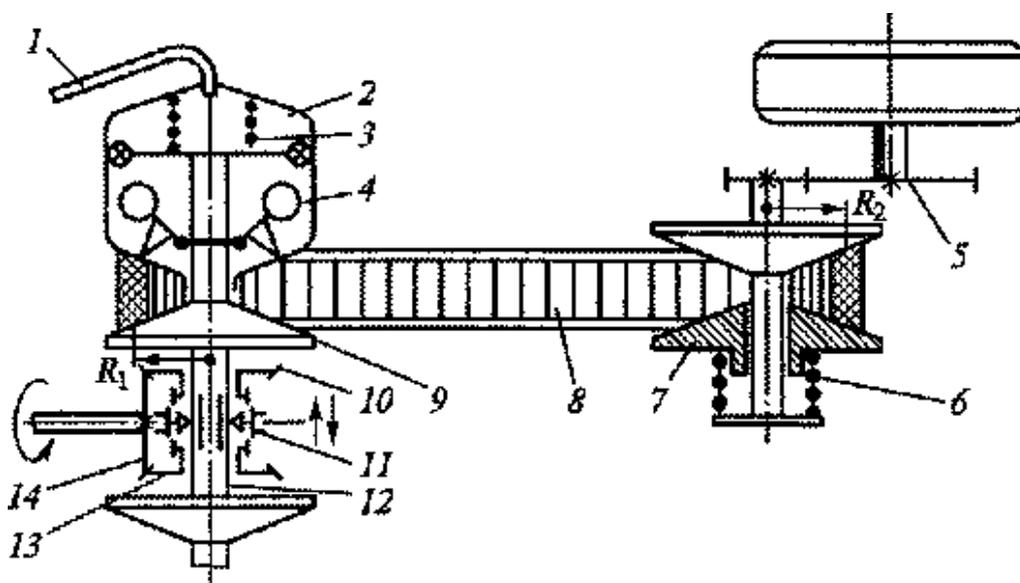
Механическая бесступенчатая трансмиссия.

Вариатор автоматически плавно изменяет передаточное число и эффективно использовать мощность двигателя, точно подбирая нужную передачу. Известно два вида вариаторов, тороидный и клиноременной.

На рисунке 8 представлена схема клиноременного вариатора, основные элементы которого, два шкива с изменяющимися диаметрами, образованные подвижными коническими дисками, которые сходятся, увеличивая диаметр и расходятся, уменьшая его.

«Крутящий момент от двигателя через сцепление передается конической шестерне 14 реверс-редуктора. Эта шестерня находится в зацеплении с шестернями 13 и 10, соединяемыми с валом 12 муфтой 11, перемещающейся на шлицах вала.

На концах вала 12 установлены ведущие шкивы 9 передачи, от которых крутящий момент через зубчатые ремни 8 трапецеидального сечения передается на ведомые шкивы 7 и далее через колесные редукторы 5 на ведущие колеса автомобиля» [10].



1 – трубопровод; 2 – полость; 3, 6 – пружины; 4 – груз; 5 – редуктор;
7, 9 – шкивы; 8 – ремень; 10, 13, 14 – шестерни; 11 – муфта; 12 – вал;
 R_1 R_2 – радиусы шкивов

Рисунок 8 – Схема клиноременного вариатора

Передаточное число вариаторной передачи, равно отношению мгновенных радиусов шкивов, зависящих от положений конических дисков.

«Оно регулируется пружиной 6, соответственно сдвигающей половины ведомого шкива 7, и пружиной 3, раздвигающей половины ведущего шкива 9, в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя и вакуума в полости 2, соединенной трубопроводом 1 с впускным коллектором двигателя» [10].

Трогаясь с места, пружины 3 и 6 выстраивают коническими дисками наибольшее передаточное число, половины ведомого шкива сдвинуты, а ведущего, раздвинуты.

«При разгоне автомобиля действующие силы от грузов 4 центробежного регулятора и вакуума в полости 2 преодолевают силу пружин 3 и 6, сдвигают половины ведущего шкива 9 и раздвигают половины ведомого шкива 7. Таким образом, осуществляется бесступенчатое изменение передаточного числа и, следовательно, крутящего момента.

Эта передача выполняет также функции межколесного дифференциала. Передача применяется на некоторых моделях легковых автомобилей» [10].

Вариаторные бесступенчатые автоматы, все чаще устанавливаются автопроизводителями в автомобили базовой комплектации, добившись приемлемых показателей надежности и долговечности, представитель автомобиля бизнес-класса Audi A6.

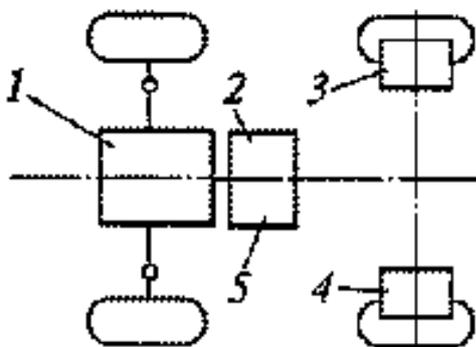
«Гидрообъемная трансмиссия представляет собой бесступенчатую передачу автомобиля.

В гидрообъемной трансмиссии (рисунок 9) двигатель 1 внутреннего сгорания приводит в действие гидронасос 2, соединенный трубопроводами с гидромоторами 3, валы которых связаны с ведущими колесами автомобиля. При работе двигателя гидродинамический напор жидкости, создаваемый гидронасосом в гидромоторах ведущих колес, преобразуется в механическую работу. Ведущие колеса с гидромоторами, установленными в них, называются гидромотор-колесами.

Рабочее давление в системе в зависимости от конструкции гидроагрегатов находится в диапазоне от 10 до 50 МПа» [11].

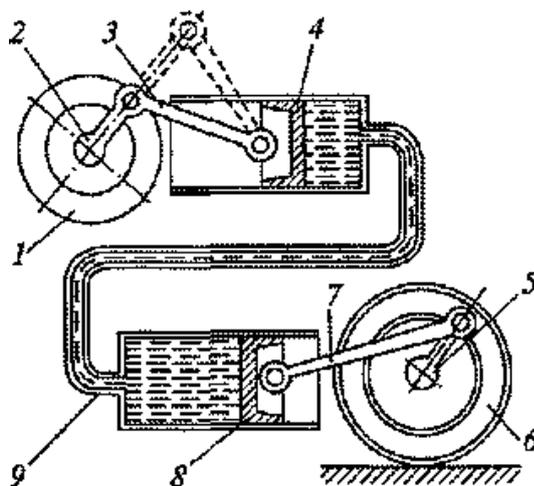
«На рисунке 10 представлена простейшая схема устройства и работы гидрообъемной передачи, в которой используется гидростатический напор жидкости. При вращении коленчатого вала двигателя через кривошип 2 и шатун 3 производится перемещение поршня 4 гидронасоса. Жидкость из гидронасоса через трубопровод 9 подается в цилиндр гидродвигателя,

поршень 8 которого перемещает через шатун 7 кривошип 5 и приводит во вращение ведущее колесо 6» [11].



1 – двигатель; 2 – гидронасос; 3 – гидромотор; 4 – электродвигатель; 5 – генератор

Рисунок 9 – Схема гидрообъемной трансмиссии



1 – двигатель; 2, 5 – кривошипы; 3, 7 – шатуны; 4, 8 – поршни; 6 – колесо; 9 – трубопровод

Рисунок 10 – Схема гидрообъемной передачи

Достоинством гидрообъемной трансмиссии является отсутствие механической связи между двигателем и колесами, можно обойтись без карданного вала и раздаточной коробки, можно передавать высокий крутящий момент на низкой скорости. Гидрообъемная трансмиссия повышает проходимость автомобиля, реализуя непрерывный поток мощности и плавное изменение крутящего момента.

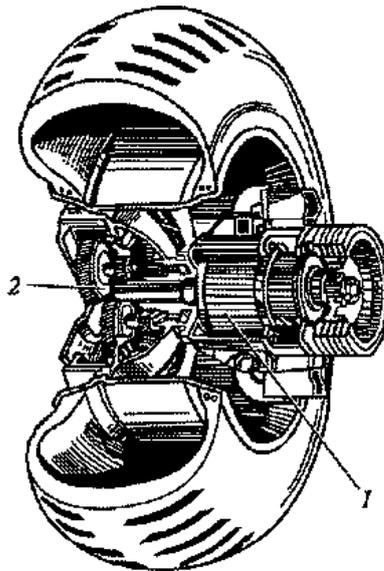
Из за дороговизны гидронасосов и гидромоторов, сложности ремонта и обслуживания, система не нашла массового применения. В 2013 году группа компаний Peugeot и Citroen, испытывали гибридную трансмиссию с гидромотором, проект не получив маркетингового сопровождения закрыт, с формулировкой отсутствие потенциального спроса.

Французская компания Poclain, предлагает специально для легковых машин, компактный систему гидрообъемного полного привода, весом не превышающим 40 кг и себестоимостью значительно меньшей, чем у традиционного привода.

«Электрическая трансмиссия – это бесступенчатая передача, в которой крутящий момент изменяется плавно, без участия водителя, в зависимости от сопротивления дороги и частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Ведущее колесо (рисунок 11) с установленным внутри электродвигателем 1 называется электро-мотор-колесом. Крутящий момент от электродвигателя к колесу передается через колесный редуктор 2. При применении быстроходных электродвигателей в ведущих колесах используются понижающие зубчатые передачи.

Преимуществом электрических трансмиссий является бесступенчатое автоматическое изменение ее передаточного числа. Это обеспечивает плавное трогание автомобиля с места, упрощает и облегчает управление автомобилем и снижает утомляемость водителя, в результате повышается безопасность движения. Кроме того, повышается проходимость автомобиля вследствие непрерывного потока мощности и плавного изменения крутящего момента. Повышается также долговечность двигателя из-за уменьшения динамических нагрузок и отсутствия жесткой связи между двигателем и ведущими колесами. Однако у электрических трансмиссий КПД не превышает 0,75, что ухудшает тягово-скоростные свойства автомобиля. Кроме того, расход топлива по сравнению с механическими трансмиссиями повышается от 10 до 20 %. Электрические трансмиссии также имеют большую массу и высокую стоимость» [12].



1 – электродвигатель; 2 – редуктор

Рисунок 11 – Электромотор-колесо

Выполнив анализ существующих трансмиссий можно сделать вывод, что для дальнейшей модернизации больше подходит механическая трансмиссия.

2.3 Основные способы блокировки дифференциалов

Основным недостатком в работе свободного дифференциала является передача крутящего момента недостаточного для начала движения, при пробуксовке одного из ведущих колес. Решение этой проблемы рождает появление различных видов блокировки дифференциала, увеличивающей долю распределения крутящего момента, на колесо с лучшим сцеплением.

«Принудительная блокировка дифференциала достигается действием:

- создать жесткую связь между ведущими колесами, одна из полуосей, муфтой соединяется с венцом;
- заблокировать вращение узла шнеков (дифференциал автоматический Красикова).

В зависимости от степени блокирования блокировка дифференциала бывает:

- полной,
- частичной» [13].

«Полная блокировка дифференциала предполагает жесткое соединение частей дифференциала, при котором крутящий момент может полностью передаваться на колесо с лучшим сцеплением.

Частичная блокировка дифференциала характеризуется ограниченной величиной передаваемого усилия между частями дифференциала и соответствующего ей увеличения крутящего момента на колесе с лучшим сцеплением» [13].

«Величина повышения крутящего момента на свободном колесе оценивается коэффициентом блокировки. Другими словами, коэффициент блокировки выражает отношение крутящего момента на отстающем (свободном) колесе к моменту на забегающем (буксующем) колесе. Для симметричного свободного дифференциала коэффициент блокировки 1, так как крутящие моменты на каждом из колес всегда равны. В заблокированном дифференциале коэффициент блокировки может находиться в пределах от 3 до 5. Дальнейшее увеличение коэффициента блокировки нежелательно, так как может привести к поломке элементов трансмиссии» [13].

«Блокировка дифференциала применяется как на межколесных дифференциалах, так и на межосевых дифференциалах. Блокировка переднего межколесного дифференциала полноприводного автомобиля обычно не производится, чтобы не снижать управляемость.

Блокировка дифференциала может осуществляться принудительно и автоматически. Принудительная блокировка дифференциала производится по команде водителя, поэтому другое ее название ручная блокировка. Автоматическая блокировка дифференциала выполняется с помощью специальных технических устройств – самоблокирующихся дифференциалов» [14].

«Принудительная блокировка дифференциала производится, как правило, с помощью кулачковой муфты, обеспечивающей жесткое

соединение корпуса дифференциала и одной из полуосей (очень практичная и надёжная во всех отношениях схема блокировки).

Замыкание (размыкание) кулачковой муфты производится с помощью механического, электрического, гидравлического или пневматического привода» [14].

«Механический привод объединяет рычаг и тросы или систему рычагов. Блокировка дифференциала производится водителем путем перемещения рычага в определенное положение на неподвижном автомобиле.

Гидравлический привод блокировки дифференциала включает главный и рабочий цилиндры. Исполнительным элементом пневматического привода является пневмоцилиндр (пневмокамера). В электрическом приводе для замыкания муфты используется электродвигатель. Включение блокировки дифференциала (инициация привода) производится путем нажатия соответствующей кнопки на панели приборов» [15].

«Жесткая принудительная блокировка применяется для преодоления автомобилем труднопроходимых участков, а при их прохождении обязательно выключается. Применяется в межколесных и межосевых дифференциалах полноприводных автомобилей.

Самоблокирующийся дифференциал (другое название – дифференциал повышенного трения, Limited Slip Differential, LSD) по своей сути является компромиссом между свободным дифференциалом и полной блокировкой дифференциала, так как позволяет реализовать при необходимости возможности и того и другого» [15].

«Различают два вида самоблокирующихся дифференциалов:

- дифференциалы, блокирующиеся от разности угловых скоростей колес;
- дифференциалы, блокирующиеся от разности крутящих моментов» [14].

«К первым относятся дисковый дифференциал, дифференциал с вязкостной муфтой, а также т.н. электронная блокировка дифференциала. Блокируется в зависимости от разности крутящих моментов червячный дифференциал.

Простейший дисковый дифференциал представляет собой симметричный дифференциал, в который добавлены один или два пакета фрикционных дисков. Часть фрикционных дисков жестко связана с корпусом дифференциала, другая часть – с полуосью.

Принцип действия дифференциала повышенного трения дискового типа основан на силе трения, возникающей вследствие разности скоростей вращения полуосей.

При прямолинейном движении корпус дифференциала и полуоси вращаются с одинаковой скоростью, фрикционный пакет вращается как единое целое. При увеличении частоты вращения одной из полуосей, соответствующая ей часть дисков в пакете начинает вращаться быстрее. При этом между дисками возникает сила трения, препятствующая увеличению частоты вращения. Крутящий момент на свободном колесе увеличивается, чем достигается частичная блокировка дифференциала.

Степень сжатия фрикционных дисков может быть фиксированной (реализуется с помощью пружин постоянной жесткости) или переменной (осуществляется с помощью гидравлического привода, в т.ч. с электронным управлением).

Дисковый дифференциал LSD применяется в качестве межколесного дифференциала спортивных автомобилей, а также межосевого дифференциала автомобилей повышенной проходимости» [15].

«Вязкостная муфта (другое наименование – вискомуфта) представляет собой набор близко расположенных друг к другу перфорированных дисков, часть из которых жестко соединяется с корпусом дифференциала, другая часть – с приводным валом. Диски помещены в герметичный корпус, заполненный силиконовой жидкостью высокой вязкости.

При вращении корпуса дифференциала и приводного вала с одной скоростью блок перфорированных дисков вращается как одно целое. При увеличении скорости вращения приводного вала, соответствующая ему часть дисков начинает вращаться быстрее и перемешивает силиконовую жидкость. Жидкость твердеет, дифференциал блокируется. На другом приводном валу происходит увеличение крутящего момента. При восстановлении равенства скоростей жидкость теряет свои свойства и муфта разблокируется.

В связи с большим геометрическим размером вискомуфта применяется, как правило, для блокировки межосевого дифференциала. Вязкостная муфта также может использоваться и самостоятельно (вместо межосевого дифференциала) в системе полного привода, подключаемого автоматически.

В силу своей конструкции вискомуфта обладает инерционностью, склонна к нагреву и при торможении конфликтует с антиблокировочной системой тормозов, поэтому в настоящее время на автомобилях практически не устанавливается.

Электронная блокировка дифференциала (или просто электронный дифференциал) является функцией антипробуксовочной системы. Реализуется путем автоматического подтормаживания буксующего колеса, сопровождаемого увеличением на нем силы тяги. Соответственно на колесе с лучшим сцеплением увеличивается крутящий момент.

Червячный самоблокирующийся дифференциал обеспечивает автоматическую блокировку в зависимости от разности крутящих моментов на корпусе и полуоси (приводном вале). При проскальзывании колеса, сопровождаемом падением крутящего момента, червячный дифференциал блокируется и перераспределяет крутящий момент на свободное колесо. Блокировка при этом частичная, а ее степень зависит от величины падения крутящего момента» [16].

«Известными конструкциями червячных дифференциалов являются дифференциал Torsen (от сокращенного Torque Sensing – чувствительный к крутящему моменту) и дифференциал Quaife. Конструкции данных

дифференциалов представляют собой планетарный редуктор, состоящий из червячных шестерен: ведомых (полуосевых) и ведущих (сателлитов). Сателлиты могут располагаться параллельно полуосям (Quaife, Torsen T-2) или перпендикулярно полуосям (Torsen T-1).

Особенностью червячной шестерни является то, что она может приводить во вращение другие шестерни, а сама не может вращаться от других шестерен. При этом говорят, червячная шестерня расклинивается. Данное свойство используется для частичной блокировки червячного дифференциала.

Червячные самоблокирующиеся дифференциалы широко применяются как в качестве межколесных, так и межосевых дифференциалов» [16].

Выводы по разделу.

В разделе были рассмотрены способы повышения тяговой динамики автомобиля. Выполнен обзор конструкций трансмиссий существующих автомобилей различных категорий. Рассмотрены основные способы блокировки дифференциалов.

3 Конструкторская часть

3.1 Выбор модельного автомобиля категории N1 для дальнейшей модернизации трансмиссии

Для дальнейшей модернизации принимаем модельный автомобиль категории N1 (ГАЗель NEXT).

Выбираем автомобиль категории N1 ГАЗель NEXT (рисунок 12). Спецификация на автомобиль ГАЗель NEXT представлена в Приложении А (рисунок А.1).



Рисунок 12 – Вид общий автомобиля ГАЗель NEXT A21R22-70

Технические характеристики данного автомобиля представлены в таблице 1 [7]:

Таблица 1 – Технические характеристики автомобиля ГАЗель NEXT A21R22-70

Характеристика	Значение
Автомобиль	A21R22
Отличительные черты	Бортовой заднеприводный автомобиль стандартной длины с однорядной кабиной, стальной бортовой платформой и двигателем ISF2.8s5129P
Двигатель	Cummins ISF2.8s5129P
Колесная формула	4×2
Тип привода	задний

Продолжение таблицы 1

Характеристика	Значение
Полная масса, кг	3500
Масса снаряженного автомобиля, кг	2060
Распределение нагрузки автомобиля полной массы на дорогу через шины, кг	
передних колес	1325
задних колес	2175
Колёсная база, мм	3145
Габаритные размеры, мм	
длина	3090
ширина по кабине	2513
высота по кабине	2140
высота по тенту	2766
Колея передних колес, мм	1750
Колея задних колес (между серединами сдвоенных шин), мм	1560
Дорожный просвет (под картером заднего моста при полной массе), мм	170
Минимальный радиус разворота по колею наружного переднего колеса, м	5,7
Контрольный расход основного топлива при движении со скоростью 60 км/ч, л/100км	8,5
Контрольный расход основного топлива при движении со скоростью 80 км/ч, л/100км	10,3
Максимальная скорость автомобиля на горизонтальном участке ровного шоссе, км/ч	130
Угол свеса (с нагрузкой) передний, град.	22
Угол свеса (с нагрузкой) задний, град.	16
Максимальный преодолеваемый подъем на основном топливе с полной нагрузкой, %	26
Погрузочная высота, мм	950
Количество пассажирских мест (без водителя)	2
Пассажировместимость	2
Внутренние габаритные размеры кузова, м	
ширина	2078
высота	400
Коробка переключения передач	5МКПП
Емкость топливного бака, л	80
Запас хода от одной заправки на основном топливе, км	500

ГАЗель NEXT выпускается с 9 апреля 2013 года – базовая модель среди фургонов.

ГАЗель NEXT является совершенно новым самостоятельным семейством грузовых автомобилей Горьковского автомобильного завода. Кроме общего названия с семейством классических газелей, NEXT практически ничего общего с ними не имеет, за исключением некоторых узлов, среди которых задний мост, рама и трансмиссия. Во всем остальном семейства разные, начиная от линейки силовых установок и заканчивая оснащением салона. Стоит отметить, что ГАЗель NEXT обладает импортными комплектующими, которых в конструкции достаточно много (рисунок 13).

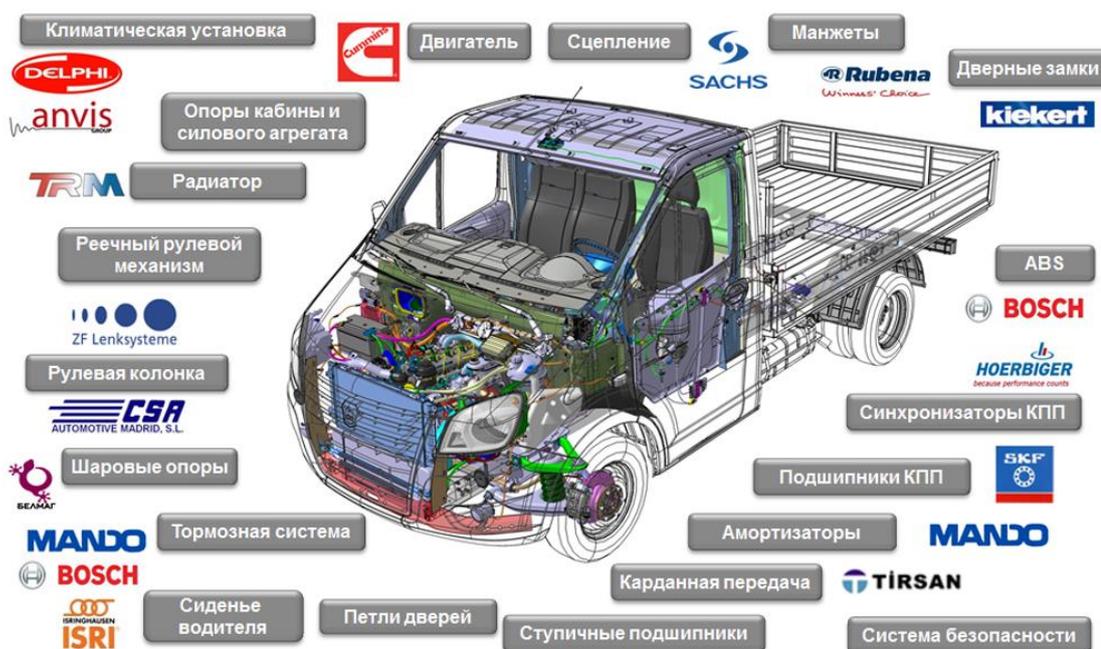


Рисунок 13 – Импортные комплектующие в составе конструкции ГАЗель NEXT

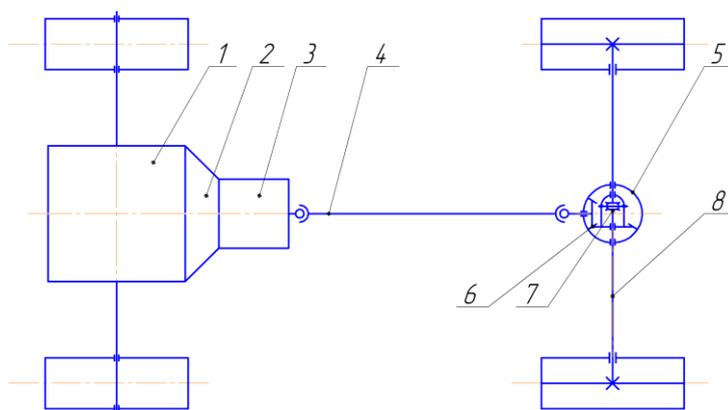
Среди основных модификаций данного грузовика следует отметить: модель с бортовой грузовой платформой; шасси универсально предназначения, на которое устанавливаются различные надстройки и всевозможное специализированное оборудование; городские и междугородные автобусы; грузовики, оснащенные цельнометаллическим фургоном. В зависимости от типа модификации ГАЗель NEXT может иметь как стандартную колесную базу, так и удлиненную.

Модификация с бортовой грузовой платформой. В отличие от всех остальных версий данная имеет усиленную рамную конструкцию и нержавеющие материалы. Доработки коснулись и самой грузовой платформы. Если предшественники могли вместить в кузов не более трех европаллет, то в ГАЗели NEXT платформа способна уместить уже пять, что положительно отражается на продуктивности транспортировок.

Максимальная грузоподъемность модели осталась без каких-либо изменений. Это объясняется тем, что в большинстве случаев требуется перевезти именно объемные грузы, а не тяжелые. Поэтому возможностей нового грузовика для осуществления подобных задач вполне достаточно. Но стоит отметить, что сюда перешла знакомая особенность всех старых Газелей, а именно устойчивость к перегрузам.

3.2 Направление дальнейшей модернизации трансмиссии автомобиля категории N1

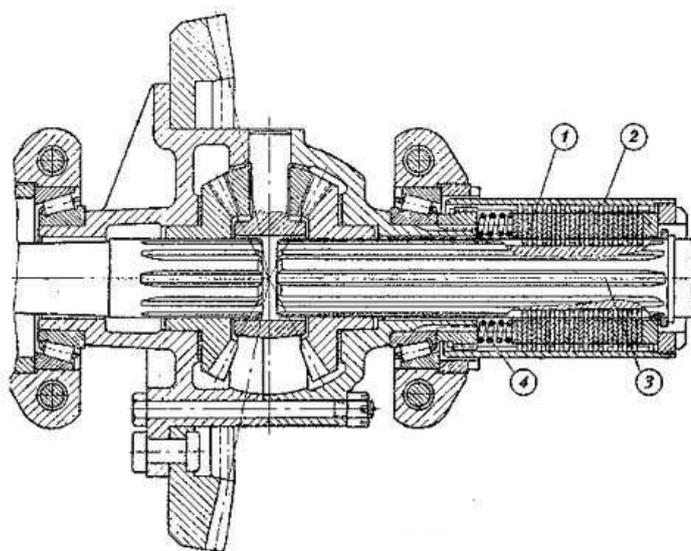
«Существующая трансмиссия модельного автомобиля категории N1 – механическая ступенчатая. Структурную схему существующей трансмиссии можно представить в виде рисунка 14» [17].



- 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – сцепление; 3 – коробка переменных передач;
4 – карданная передача; 5 – ведущий мост; 6 – главная передача;
7 – дифференциал; 8 – полуоси заднего моста

Рисунок 14 – Структурная схема существующей трансмиссии автомобиля

«Существуют две наиболее характерные конструкции самоблокирующихся дифференциалов с фрикционными муфтами. В первом применяют одну, во втором - две муфты. В первом случае фрикционная дисковая муфта 1 введена между одной из полуосей и коробкой дифференциала (рисунок 15)» [17].

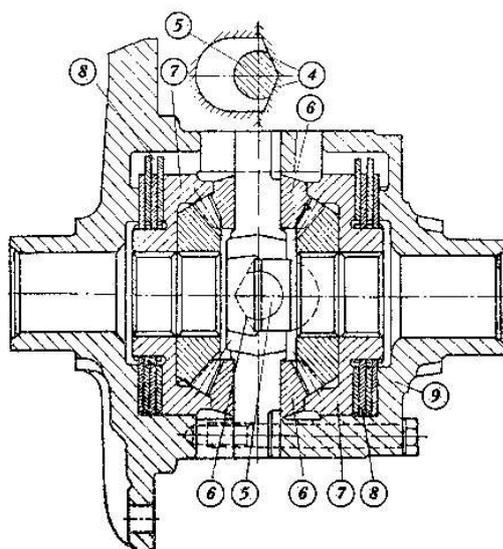


1 – фрикционная дисковая муфта; 2 – гильза; 3 – полуось; 4 – пружины

Рисунок 15 – Самоблокирующийся дифференциал с одной муфтой

«Бронзовые диски установлены в шлицах гильзы 2, связанной с коробкой дифференциала, стальные диски сидят на шлицах полуоси 3. Диски прижимаются друг к другу пружинами 4. Когда оба колеса испытывают одинаковое сопротивление, весь дифференциал вращается как одно целое и трение в муфте 1 отсутствует» [7].

«Вторая конструкция представляет собой дифференциал повышенного трения с двойными фрикционными муфтами, получивший широкое распространение на американских автомобилях (рисунок 16)» [17].



5 – оси; 6 – сателлиты; 7 – промежуточные чашки; 8 – фрикционы; 9 – корпус

Рисунок 16 – Самоблокирующийся дифференциал с двумя муфтами

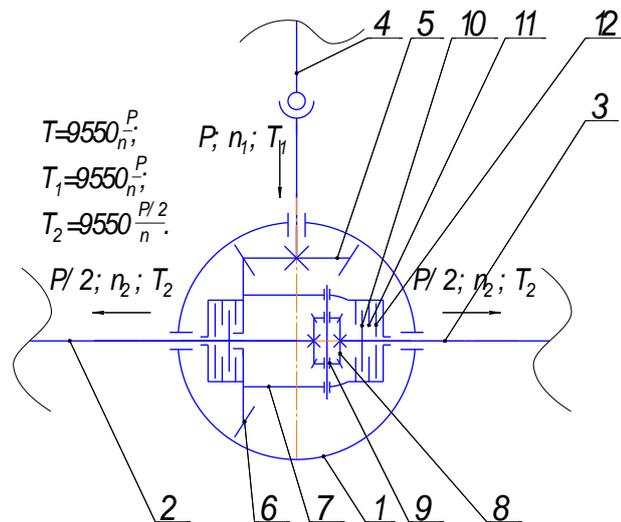
«В этой конструкции крестовина заменена двумя отдельными, пересекающимися под прямым углом осями 5 сателлитов 6. Оси 5 имеют возможность перемещаться одна относительно другой как в осевом, так и в угловом направлении, для чего их концы имеют скосы соответственно А и Б, которыми они опираются на коробку 9 дифференциала. Кроме того, в дифференциал введены промежуточные чашки 7, так же как и полуосевые шестерни, надетые на шлицы полуосей. При невращающихся сателлитах усилие к полуосям передается, как и в простом дифференциале. При вращении сателлитов последние будут сдвигать концевые скосы осей 5 так, что усилие на фрикционную муфту 8, передаваемое через чашку 7, будет увеличиваться для отстающей полуоси и уменьшаться для оси, вращающейся быстрее. При этом величина подтормаживающего момента не будет постоянной, как в дифференциале с одной дисковой муфтой, а будет пропорциональна моменту, передаваемому колесами» [15].

По нашему мнению самой перспективной является конструкция, изображённая на рисунке 15, так как в существующую схему дифференциала такие изменения вносить можно.

Наиболее подходит конструкция, изображённая на рисунке 16.

3.3 Разработка структурной схемы проектируемой главной передачи

Структурную схему проектируемого самоблокирующегося дифференциала представим в виде рисунка 17.



- 1 – корпус заднего моста; 2 – полуось левая; 3 – полуось правая; 4 – карданная передача;
5 – ведущая шестерня; 6 – ведомая шестерня; 7 – корпус дифференциала;
8 – конические шестерни дифференциала; 9 – сателлиты; 10 – ведомые диски;
11 – ведущие диски; 12 – нажимные чашки

Рисунок 17 – Структурная схема самоблокирующегося дифференциала

Принцип работы был описан ранее на примере рисунка 16.

Спецификация на главную передачу и дифференциал представлены в приложении А (рисунки А.2, А.3)

3.4 Прочностные расчёты разрабатываемой конструкции

Первым этапом проведем расчёт главной передачи.

«Определение диаметра внешней делительной окружности колеса:

$$d_{e2} = 1650 \cdot \sqrt[3]{\frac{K_H \cdot T_2 \cdot U}{[\sigma]_H^2 \cdot V_H}}, \quad (16)$$

где d_{e2} – диаметр внешней делительной окружности колеса, мм;

K_H – коэффициент нагрузки $K_H = 1,5$;

T_2 – крутящий момент на колесе, принимаем равным 600 Н·м [3, 6];

$[\sigma]_H$ – допускаемое напряжение на контактную прочность, принимается равным 1000 МПа [5];

V_H – коэффициент понижения контактной прочности конической передачи, равняется 0,85» [5].

$$d_{e2} = 1650 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,5 \cdot 600 \cdot 6,17}{1000^2 \cdot 0,85}} = 308,45 \text{ мм.}$$

Назначаем 315,0 мм.

Назначаем число зубьев шестерен:

$$d_{e1} = \frac{d_{e2}}{u} = \frac{315,0}{6,17} = 51,05 \text{ мм,} \quad (17)$$

$$Z_H^1 = 15 \Rightarrow Z_1 = Z_H^1 = 15 \text{ мм.} \quad (18)$$

Определение числа зубьев колеса:

$$Z_H^1 = 15 \Rightarrow Z_1 = Z_H^1 = 15 \text{ мм,} \quad (19)$$

$$Z_2 = Z_1 \cdot U = 15 \cdot 6,17 = 92,55 \approx 93 \text{ мм,} \quad (20)$$

Определение торцевого модуля:

$$m_{te} = \frac{d_{e2станд}}{Z_2} = \frac{315,0}{93,0} = 3,40, \quad (21)$$

Назначаем 3,50 мм.

Уточнение диаметра делительной окружности колеса.

$$d_{e2} = m_{\text{тестанд}} \cdot Z_2 = 3,50 \cdot 93 = 325,50 \text{ мм}, \quad (22)$$

$$\Delta d_{e2} = \frac{d_{e2} - d_{e2\text{станд}}}{d_{e2\text{станд}}} \cdot 100\% \leq 4\% , \quad (23)$$

$$\Delta d_{e2} = \frac{325,50 - 315,0}{315,0} \cdot 100\% = 3,33\% < 4,0\% . \quad (24)$$

Определение фактического передаточного числа:

$$Z_2 = \frac{d_{e2\text{стпнд}}}{m_{\text{тестанд}}} = \frac{315,0}{3,50} = 90,0 , \quad (25)$$

$$Z_1 = \frac{Z_2}{U} = \frac{90,0}{6,17} = 14,5867 \approx 15 , \quad (26)$$

$$U_{\text{факт}} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{90,0}{15,0} = 6,0 . \quad (27)$$

Определение внешнего конусного расстояния:

$$R_e = 0,5 \cdot m_{te} \cdot \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2} = 0,5 \cdot 3,5 \cdot \sqrt{15^2 + 90^2} = 159,67 \text{ мм}. \quad (28)$$

«Определение ширины колёс и углов наклона образующих делительных конусов:

$$v = K_{ec} \cdot R_e = 0,25 \cdot 160,0 = 4,0 \text{ мм}. \quad (29)$$

где K_{ec} – коэффициент ширины, $K_{ec} = 0,25$ » [5].

Принимаем $v = 40,0$.

$$\delta_2 = \arctg \cdot U_{\text{факт}} = \arctg 6,0 = 80,54^0 \text{ мм.} \quad (30)$$

$$\delta_1 = 90^0 - 80,54^0 = 9,46^0 \text{ мм.} \quad (31)$$

Определение диаметров колес:

$$d_{e1} = m_{te} \cdot Z_1 = 3,5 \cdot 15,0 = 52,50 \text{ мм.} \quad (32)$$

$$d_{e2} = m_{te} \cdot Z_2 = 3,5 \cdot 90 = 315,0 \text{ мм.} \quad (33)$$

Внешние диаметры:

$$d_{ae1} = d_{e1} + 2 \cdot (1 + X_1) \cdot m_{te} \cdot \cos \delta_1 = 52,50 + 2 \cdot (1 + 0) \cdot 3,5 \cdot \cos 9,46^0 = 59,40 \text{ мм.} \quad (34)$$

$$d_{ae2} = d_{e2} + 2 \cdot (1 + X_2) \cdot m_{te} \cdot \cos \delta_2 = 315,0 + 2 \cdot (1 + 0) \cdot 3,5 \cdot \cos 80,54^0 = 316,15 \text{ мм.} \quad (35)$$

Определение усилий в зацеплении.

«Окружное усилие на шестерне и колесе:

$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{2 \cdot T_1}{d_{e1} \cdot (1 - 0,5K_{\text{вс}})}, \text{ мм,} \quad (36)$$

где F_{t1}, F_{t2} – окружное усилие, кН;

T_1 – крутящий момент на шестерне, $T_1 = 100,0 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

d_{e1} – делительный диаметр шестерни, $d_{e1} = 52,50 \text{ мм}$;

$K_{\text{вс}}$ – коэффициент ширины $K_{\text{вс}} = 0,25$ » [5].

$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{2 \cdot 100,0}{52,50 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,25)} \cdot 10^3 = 4353,74 \text{ Н.}$$

Осевое усилие на шестерне:

$$F_{a1} = F_t \cdot \gamma_a = 4353,74 \cdot 0,763 = 3321,90 \text{ Н.} \quad (37)$$

$$\gamma_a = 0,44 \cdot \sin \delta_1 + 0,7 \cdot \cos \delta_1 = 0,44 \cdot \sin 9,46^0 + 0,7 \cos 9,46^0 = 0,763 \text{ Н.} \quad (38)$$

$$\gamma_r = 0,44 \cdot \cos \delta_1 - 0,7 \cdot \sin \delta_1 = 0,44 \cdot \cos 9,46^0 - 0,7 \sin 9,46^0 = 0,319 \text{ Н.} \quad (39)$$

Радиальное усилие на шестерне:

$$F_{r1} = F_t \cdot \gamma_r = 4353,74 \cdot 0,319 = 1388,84 \text{ Н.} \quad (40)$$

Осевое усилие на колесе:

$$F_{a2} = F_{r1},$$

$$F_{a2} = 1388,84 \text{ Н.}$$

Радиальное усилие на колесе:

$$F_{r2} = F_{a1},$$

$$F_{r2} = 3321,90 \text{ Н.}$$

«Проверка прочности зубьев на изгиб:

$$\frac{[\sigma]_{F_1}}{Y_{F_1}} \text{ и } \frac{[\sigma]_{F_2}}{Y_{F_2}}, \quad (41)$$

где Y_{F_1}, Y_{F_2} – коэффициенты формы зуба, соответствующие эквивалентному числу зубьев Z_{V_1}, Z_{V_2} » [5].

$$Z_{V_1} = \frac{Z_1}{\cos \delta_1 \cdot \cos^3 \beta_m} = \frac{15}{\cos 9,46^0 \cdot \cos^3 35^0} = 27,67;$$

$$Z_{V_2} = \frac{Z_2}{\cos \delta_2 \cdot \cos^3 \beta_m} = \frac{90}{\cos 80,54^0 \cdot \cos^3 35^0} = 996,22;$$

$$Y_{F_1} = 4,0 \text{ и } Y_{F_2} = 4,77,$$

$$\frac{350,0}{4,0} \text{ и } \frac{350,0}{4,77},$$

$$87,5 > 73,38.$$

«Проверочный расчёт ведём по колесу:

$$\sigma_{F_2} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \cdot Y_{F_2} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} \cdot T_2}{\sigma \cdot d_{e2} \cdot m_{te} \cdot V_{F_2}} \leq [\sigma]_{F_2}, \quad (42)$$

где $K_{F\beta}$ – коэффициент концентрации нагрузки при изгибе.

$$K_{F\beta} = 1 + (K_{H\beta} - 1) \cdot 1,5 = 1 + (1,03 - 1) \cdot 1,5 = 1,05 \quad (43)$$

K_{FV} – коэффициент динамической нагрузки» [7].

Для его определения нужно определить окружную скорость колеса

$$V = \frac{\pi \cdot d_{e2} \cdot (1 - 0,5 \cdot K_{ge}) \cdot n_2}{6 \cdot 10^4} = \frac{3,14 \cdot 315,0 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,25) \cdot 375,0}{6 \cdot 10^4} = 5,41 \text{ м/с}. \quad (44)$$

Назначаем 8 степень точности и по степени точности с понижением на

1. $K_{FV} = 1,03$, $K_{HV} = 1,02$, $V_{F_2} = 1,1$ [7],

$$\sigma_{F_2} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \cdot 4,77 \cdot 1,05 \cdot 1,03 \cdot 600,0}{40,0 \cdot 315,0 \cdot 3,5 \cdot 1,1} = 169,75 \text{ МПа},$$

$[\sigma]_{F_2} = 350,0 \text{ МПа} > \sigma_{F_2} = 169,75 \text{ МПа}$ – условие выполняется.

Проверка зубьев колёс на контактную прочность:

$$\sigma_H = 67 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{K_{H\beta} \cdot K_{HV} \cdot U \cdot T_2}{V_H \cdot d_{e2}^3}} \leq [\sigma]_H, \quad (45)$$

$$\sigma_H = 6,7 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{\frac{1,03 \cdot 1,02 \cdot 6,0 \cdot 600,0}{0,85 \cdot 315,0^3}} = 799,41 \text{ МПа},$$

$[\sigma]_H = 1000,0 \text{ МПа} > 799,41 \text{ МПа}$ МПа – условие выполняется.

Расчёт дифференциала.

«Окружная сила, действующая на один спутник:

$$P_C = \frac{M_{\max} \cdot u_{k1} \cdot u_{\Gamma}}{2 \cdot r_1 \cdot n_C} \quad (46)$$

где r_1 – радиус приложения окружной силы, $r_1 = 0,028 \text{ м}$;

n_C – число спутников, $n_C = 4$ » [8].

$$P_C = \frac{600,0 \cdot 1,60 \cdot 6,0}{2 \cdot 0,028 \cdot 4} \cdot 10^6 = 0,0257 \text{ МН}.$$

Напряжение изгиба в зубьях полуосевых шестерён и спутников:

$$\sigma_{\text{изг}} = 0,36 \cdot \frac{P_C}{b \cdot m_n \cdot y} = 0,36 \cdot \frac{0,0257}{0,020 \cdot 0,003 \cdot 1,0} = 154,20 \text{ МПа} < 500 \text{ МПа} \quad (47)$$

Условие выполняется.

Расчёт многодискового фрикциона.

«Весь расчёт многодискового фрикциона сводится к определению радиуса и количества дисков фрикциона.

При пробуксовывании одного из задних колёс срабатывает система самоблокирования. Передаваемый крутящий момент ограничивается моментом трения фрикционов:

$$\dot{I}_{\bar{N}} = \dot{O} \cdot z \cdot R_{CP} = \mu \cdot Q \cdot z \cdot R_{CP}, \quad (48)$$

где T – окружная сила трения, действующая между одной парой

трущихся поверхностей, кН;

z – число пар поверхностей трения, $z = 15$;

R_{cp} – плечо силы T , м;

μ – коэффициент трения ($\mu = 0,3 \dots 0,35$) [10];

Q – суммарная сила, создаваемая механическим усилителем.

$$R_{cp} = 0,5 \cdot (R_H + R_B), \quad (49)$$

где R_H и R_B – соответственно наружный и внутренний радиусы фрикционов, $R_H = 0,036$ м, $R_B = 0,021$ м (конструктивно)» [9].

$$R_{cp} = \frac{0,036 + 0,021}{2} = 0,029 \text{ м.}$$

«Чтобы устройство в заблокированном состоянии не пробуксовывало, максимальный момент трения в нем M_c должен в β раз превышать максимальный крутящий момент на полуоси (T_2 – крутящийся момент на колесе, $T_2 = 600 \text{ Н} \cdot \text{м}$ [3, 6]) $M_{e \max} = T_2 = 600 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Следовательно, суммарная сила:

$$Q = \frac{2 \cdot \beta \cdot M_{e \max}}{\mu \cdot (R_H + R_B)}, \text{ Н} \quad (50)$$

где β – коэффициент запаса сцепления $\beta = 1,50$ » [2].

$$Q = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 0,60}{0,32 \cdot (0,047 + 0,028)} = 98,68 \text{ кН/м,}$$

$$M_c = 0,32 \cdot 98,68 \cdot 15 \cdot 0,029 = 13,74 \text{ кН/м.}$$

«Удельная работа трения (буксования):

$$L_{\text{yo}} = \frac{L_6}{\pi \cdot z \cdot (R_H^2 - R_B^2)} \leq 1,5 \frac{MДж}{\text{м}^2}, \text{ Н} \quad (51)$$

где L_6 – работа буксования фрикциона при одном трогании автомобиля с места на первой передаче.

$$L_6 = \frac{M_C \cdot J_M \cdot J_a \cdot \omega_M^2}{2 \cdot J_M \cdot (M_C - M_\psi) + J_a \cdot (M_C - M_{e\text{max}})}, \text{ Дж}, \quad (52)$$

где J_M – момент инерции полуоси и приведенных к ней деталей,

$$J_M = 1,0 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 [1];$$

ω_M – угловая скорость полуоси, соответствующая максимальному крутящему моменту двигателя.

$$\omega_M = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 375,0}{30} = 39,25 \text{ с}^{-1};$$

J_a – момент инерции массы m_a автомобиля, приведенный к ведомым дискам устройства, $\text{Н} \cdot \text{м}^2$;

M_ψ – момент сопротивления дороги, приведенный к ведомому диску устройства, $\text{кН} \cdot \text{м}$ » [9].

«Момент инерции массы определяется по формуле:

$$J_a = \frac{m_a \cdot r_k}{(u_{\text{кп1}} \cdot u_0)^2}, \text{ Дж}, \quad (53)$$

где $u_{\text{кп1}}, u_0$ – передаточные числа соответственно коробки передач на 1 передаче и главной передаче, (6,55, 6,17 – соответственно);

r_k – радиус колеса, принимаем 0,48 м» [7].

$$J_a = \frac{78500,0 \cdot 0,48}{(6,55 \cdot 6,17)^2} = 23,07 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (54)$$

Момент сопротивления дороги:

$$M_{\psi} = \frac{P_{\psi} \cdot r_k}{\eta_{TP} \cdot u_{KПI} \cdot u_0} \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (55)$$

$$P_{\psi} = \psi \cdot G_a = 0,07 \cdot 7,85 \cdot 9,81 = 5,39 \text{ кН}. \quad (56)$$

$$M_{\psi} = \frac{5390,60 \cdot 0,48}{0,91 \cdot 6,55 \cdot 6,17} = 70,36 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (57)$$

$$\omega_M = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 375}{30} = 39,25 \text{ с}^{-1}. \quad (58)$$

$$L_6 = \frac{13740,0 \cdot 1,0 \cdot 23,07 \cdot 39,25^2}{2 \cdot 1,0 \cdot (13740,0 - 70,36) + 23,07 \cdot (13740,0 - 600,0)} = 1477,64 \text{ Дж} \quad (59)$$

$$L_{y\partial} = \frac{1477,64}{3,14 \cdot 15 \cdot (0,036^2 - 0,021^2)} = 0,037 \cdot 10^{-6} \text{ Дж/м}^2 < 1,5 \text{ МДж/м}^2, \quad (60)$$

Условие выполняется.

Выводы по разделу.

В конструкторском разделе был выбран грузовой автомобиль для дальнейшей модернизации – ГАЗель NEXТ. Разработана структурная схема проектируемой главной передачи. Выполнены прочностные расчеты разрабатываемой конструкции.

4 Разработка технологии технического обслуживания и ремонта автомобиля категории N1

«Для обеспечения выполнения установленного перечня (объема) работ ТО на данном посту при нормативной затрате рабочего времени и расчетной продолжительности простоя автомобиля на посту используются операционно-технологические карты. Они составляются на основании перечня операции ТО, трудоемкостей отдельных операций для конкретной модели автомобиля согласно второй части, которая является Положения о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» [11].

«Технологический процесс технического обслуживания оформляется в виде операционно-технологической или постовой технологической карты.

Операционно-технологическая карта отражает последовательность операций технического обслуживания или отдельных видов работ по этим воздействиям по агрегату, системе автомобиля.

Постовая технологическая карта отражает последовательность операций технического обслуживания по агрегатам, системам, которые выполняются на одном из постов технического обслуживания.

В соответствии с требованиями операционно-технологическая и постовая технологическая карты выполняются по форме 1,1а, 2 и 2а МУ-200 РСФСР-12-0139-81» [12, 13].

«Любая технологическая карта является руководящей инструкцией для каждого исполнителя, кроме того, служит документом для технического контроля выполнения технического обслуживания.

Технологические карты составляются на:

- определенный вид работ технического обслуживания;
- специализированный пост зоны технического обслуживания (постовая карта);

- специализированное переходящее звено рабочих при методе универсальных постов;
- операцию технического обслуживания;
- операции, выполняемые одним или несколькими рабочими (карта на рабочее место)» [5].

«В процессе эксплуатации автомобиля происходит изнашивание элементов привода колес, изменяются величины зазоров и натягов. В результате снижаются: управляемость, устойчивость, безопасность движения и надежность автомобиля в целом. Для своевременного обнаружения неисправностей и восстановления работоспособности привода колес автомобиля, необходимо регулярно производить работы по техническому обслуживанию и ремонту» [5].

На листе графического материала представлена операционно-технологическая карта ТО заднего моста автомобиля категории N1.

Проводим ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1.

«Операции следующие:

- установить автомобиль на пост;
- проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в заднем мосту;
- проверить состояние ступиц колес и главной передачи на наличие подтеканий;
- проверить состояние ступиц колес и главной передачи на наличие механических повреждений;
- проверить работу блокировки дифференциала;
- отрегулировать ступичные подшипники;
- убрать автомобиль с поста» [11].

В целях экономии времени на техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей, целесообразно использовать подъемник.

«Для проверки состояния заднего моста загоняем автомобиль категории N1 на подъемник. Проверяем шумы и стуки в ступицах передних колес, проверяем состояние приводов колес на наличие подтеканий и механических повреждений. Убираем автомобиль с поста. Для этого опускаем подъемник и выгоняем автомобиль» [12].

5 Производственная и экологическая безопасность проекта

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1

Обеспечение безопасности человека в его повседневной деятельности, является важной целью, в условиях современного цивилизованного, социально-ориентированного, экономически стабильного мира.

В общем случае термин «безопасность» понимается как система «человек-машина-среда» в работе которой необходимо сохранить условие, при котором возникновение аварий устраняется с некоторой вероятностью.

В мире, особенно в последние годы, наблюдается интенсивный рост опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой стороны – техногенные аварии и катастрофы. За последние полвека число опасных стихийных бедствий увеличилось примерно в три раза, а ущерб от них – десять. При этом следует отметить, что процессы опасных природных явлений во многом связаны с деятельностью человека: деградация природной среды в результате сокращения лесного покрова, выбросов, изменения режимов природной воды, загрязнение воды и так далее.

«Общими мероприятиями, направленными на снижение производственного травматизма, являются: рациональное устройство основных и вспомогательных производственных зданий и сооружений; рациональное устройство машин, установок, приборов, инструмента, приспособлений и другого оборудования, их размещение и содержание в исправном состоянии; рациональная организация рабочих мест; изоляция производственного процесса; улучшение технологии производства; механизация; автоматизация; защита работающих; организационно-массовые мероприятия» [25].

«В целях обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств, а также их использования в бытовых целях для каждого товара/услуги разрабатывается паспорт безопасности.

Паспорт безопасности содержит доступную, краткую и самое важное достоверную информацию, достаточную для принятия потребителем необходимых мер по обеспечению защиты здоровья людей и их безопасности на рабочем месте, охране окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла, в том числе утилизацию» [27].

В таблице 2 представлен паспорт безопасности на технологический процесс ТО-1 заднего моста автомобиля категории N₁.

Таблица 2 – Паспорт безопасности на технологический процесс ТО-1 заднего моста автомобиля категории N₁

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс (ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий)	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
«ТО-1 заднего моста автомобиля категории N ₁	1 Проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в заднем мосту. 2 Проверить состояние ступиц колес и главной передачи на наличие подтеканий. 3 Проверить состояние ступиц колес и главной передачи на наличие механических повреждений. 4 Проверить работу блокировки дифференциала. 5 Отрегулировать	Слесарь по ремонту автомобилей разряда	Подъемник, набор инструментов	Защитные хлопчатобумажные перчатки, спецодежда, спецобувь

Продолжение таблицы 2

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс (ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий)	Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса	Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса
	ступичные подшипники. 6 Убрать автомобиль с поста» [27].			

5.2 Определение профессиональных рисков

«Процесс определения профессиональных рисков включает в себя процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов (далее – О и ВПФ) согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и установления их временных, количественных и других характеристик, в целях разработки комплекса предупреждающих мероприятий в целях обеспечения безопасности труда» [27].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1 представлена в таблице 5.

Таблица 3 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
«1 Проверить отсутствие посторонних стуков и шумов в заднем мосту.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты автомобиля
2 Проверить состояние ступиц колес и главной передачи на наличие подтеканий.	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Подъемник
3 Проверить состояние ступиц	Повышенный уровень шума	Подъемник

Продолжение таблицы 3

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
колес и главной передачи на наличие механических повреждений. 4 Проверить работу блокировки дифференциала. 5 Отрегулировать ступичные подшипники. 6 Убрать автомобиль с поста» [27].	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта
	Возможность поражения электрическим током	Подъемник
	«Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции при ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1» [27].
	Напряжение зрительных анализаторов	
Статические нагрузки, связанные с рабочей позой		

5.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков

«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)» [27].

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации О и ВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

Типовой перечень ежегодно реализуемых работодателем за счет указанных средств мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков устанавливается федеральным

органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда.

Основные мероприятия:

- а) «Проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ). 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 работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [29].
- 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» [26].

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда;	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда,

Продолжение таблицы 4

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	содержание технических устройств в надлежащем состоянии» [27]	средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе
поверхностях деталей, узлов, агрегатов	обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства	(спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)
Повышенный уровень шума	– уменьшение величины шума на пути его распространения; – снижение шума в источнике; – проведение лечебно-профилактических мероприятий; – организационно-технические мероприятия (использование современных менее шумных технологических процессов и машин, – оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля; – контроль за уровнем шума и своевременное устранение его причин; – введение целесообразных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях); – архитектурно-планировочные меры – уменьшение шума еще на стадии проектирования промышленных зданий сооружений; – формирование зон защищенных от шума, целесообразное размещение	Противошумные: наушники, закрывающие ушную раковину снаружи, вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход; противошумные шлема и каски; противошумные костюмы

Продолжение таблицы 4

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	оборудования рабочих мест, – акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов	
Возможность поражения электрическим током	<p>К техническим мерам защиты от действия электрического тока относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – изоляция токопроводящих элементов (рабочая, двойная, – усиленная); – зануление; – заземление; – защитное отключение. <p>К организационным мерам защиты от действия электрического тока относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – оформление нарядов или распоряжений с полным указанием места и времени работы, ответственных лиц, мер безопасности; – обучение персонала и оформление допуска; – надзор над проведением работ. <p>Технические средства защиты от действия электрического тока:</p> <p>а) изолирующие (диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты, подставки, коврики);</p> <p>б) предохранительные - специальные средства индивидуальной защиты, обеспечивающие безопасность во время проведения электромонтажных работ в особо сложных условиях: на высоте, при световом, тепловом</p>	<p>Диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты, подставки, коврики, предохранительные пояса, «когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки, рукавицы из трудновоспламеняемых материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы; щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие и шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты</p>

Продолжение таблицы 4

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	и механическом воздействии электрической дуги (предохранительные пояса, когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки, рукавицы из трудновоспламеняемых материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы); в) ограждающие для обеспечения коллективной безопасности (щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие и шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты)	
Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Для предупреждения развития утомления, функционального перенапряжения и функциональных скелетно-мышечных нарушений работающих факторы трудового процесса, характеризующие тяжесть физического труда, не должны превышать допустимые величины и отвечать требованиям Руководства Р2.2.2006-05.	–
Отсутствие или недостаток естественного света	Устройство световых проемов в стенах производственного помещения, световых фонарей на крыше здания, устройство дополнительного освещения на рабочем месте рабочего. Контроль за параметрами освещенности при помощи специального прибора люксметра-пульсметра	
Монотонность труда, вызывающая монотонию	– расширение круга обязанностей; – усложнение работы или обогащение такими функциями и обязанностями, которые способны сыграть роль стимулов для того или иного сотрудника; руководитель должен	–

Продолжение таблицы 4

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	<p>установить режим и график работы сотрудников.</p> <p>Принципы и методология определения количества и продолжительности перерывов на отдых, независимо от регламентированного периода работы, являются едиными. С сокращением рабочего дня (с 6-7-часовой сменой) потребность в отдыхе может возрасти, поскольку, как правило, увеличивается интенсивность труда;</p> <p>– обратить внимание на социальные и физические условия труда: уровень шума в помещении, цветовая гамма помещения, освещение.</p> <p>Правильное оформление помещений требует логического соответствия формы и цвета</p>	

5.4 Пожарная безопасность

К пожарной безопасности зданий и сооружений следует относиться со всей ответственностью, при этом требования по пожарной безопасности регулируются сводом правил (СНиП). Свод правил по пожарной безопасности (СНиП) – нормативные документы, в соответствии с которыми производится проектирование противопожарной защиты зданий и сооружений. СНиП о пожарной безопасности представляют собой документ, в котором прописаны правила, которым нужно следовать, начиная от проектирования и заканчивая периодом эксплуатации. Те или иные здания

(сооружения) принято классифицировать по двум категориям – конструктивной и функциональной пожарной опасности. Кроме того, все здания категорируют по огнестойкости. Степень огнестойкости сооружений находится в прямой зависимости от огнестойкости конструкций несущего типа (стен, перекрытий).

Любое здание в зависимости от степени огнестойкости должно быть оборудовано:

- подъездными путями для пожарной техники,
- наружными пожарными лестницами,
- системой противодымной защиты,
- противопожарным водопроводом,
- средствами, облегчающими выходы на чердак.

При организации противопожарной безопасности нужно уделять особое внимание системам и средствам предотвращения распространения пожара по всей площади помещений. Существуют определенные требования к использованию тех или иных материалов для облицовки различных поверхностей. Кроме того, в любом здании (сооружении) должна быть размещена сигнализация, а также первичные средства пожаротушения и противопожарные преграды.

Противопожарная безопасность в здании должна быть организована таким образом, чтобы в случае обнаружения возгорания люди могли максимально быстро покинуть помещение. Эвакуационные пути должны быть предохранены от опасных факторов пожара, это возможно благодаря внедрению комплекса конструктивных, технических и инженерных решений. Организация пожарной безопасности в любом здании – обязательная и необходимая мера, к этому процессу следует подойти со всей ответственностью, без экономии средств на обустройство систем противопожарной защиты и средств пожаротушения.

Каждый руководитель объекта должен осуществлять необходимый комплекс мер по предотвращению пожаров на объекте на постоянной основе.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при технологическом процессе обслуживания тормозного пневмопривода КамАЗ представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия
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» [31].
«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» [33].
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
«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, средств пожаротушения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия
Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах» [27].
«Размещение информационного стенда по пожарной безопасности»	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [32].

5.5 Экологическая безопасность технологического процесса ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1

Сводная информация по идентификации экологических факторов

технологического процесса ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1 представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификация экологических факторов технологического процесса ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание тормозного пневмопривода КамАЗ	Мелкодисперсные частицы пыли в окружающем воздухе, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, а также в результате ее пролива, утечки, в процессе утилизации	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [28].

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1 представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1

Перечень мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1 на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
Экологический контроль за утилизацией и захоронением сточных вод, осадков, выбросов вредных веществ	Экологический контроль за утилизацией и захоронением сточных вод, осадков, выбросов вредных веществ	Спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши. Металлический лом, стружка отправляется на переплавку. Твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и перерабатываются

5.6 Расчёт освещения зоны ТО

«Освещение внутренних помещений может быть естественным, создаваемым естественными источниками света (солнце), и осуществляемым через оконные проемы, фонари и искусственным, создаваемым искусственными источниками света (лампы накаливания, светодиодные лампы). Искусственное освещение бывает рабочим и аварийным.

Для общего освещения участка принимаются газоразрядные лампы типа ДРЛ-250; для основного освещения принимаются светильники типа «Глубокоизлучатель» ГХР-250-2М» [27].

«Расстояние между центрами светильников l_c , м, определяется по формуле [15]:

$$l_c = 1,4 \cdot h_c, \text{ м}, \quad (61)$$

где h_c – высота подвеса, м. Принимается $h_c = 5,5$ м.» [15].

$$l_c = 1,4 \cdot 5,5 = 7,7 \text{ м}.$$

«Количество ламп n , необходимых для освещения, определяется по формуле:

$$n = \frac{(E_{cp} \cdot F_{уч} \cdot K)}{(E_n \cdot \eta)}, \text{ шт.}, \quad (62)$$

где E_{cp} – средняя освещенность, Лк, $E_{cp} = 100$ Лк;

$F_{уч}$ – площадь участка, м², $F_{уч} = 900$ м²;

K – коэффициент запаса освещения, $K = 1,3$;

E_n – световой поток каждой лампы, Лм, $E_n = 8100$ Лм;

η – коэффициент использования светового потока лампы, $\eta = 0,4$.» [15].

$$n = \frac{100 \cdot 900 \cdot 1,3}{8100 \cdot 0,4} = 36 \text{ шт.} \quad (62)$$

Принимается 36 ламп.

Схема расположения ламп на участке по ТО привода представлена на рисунке 18.

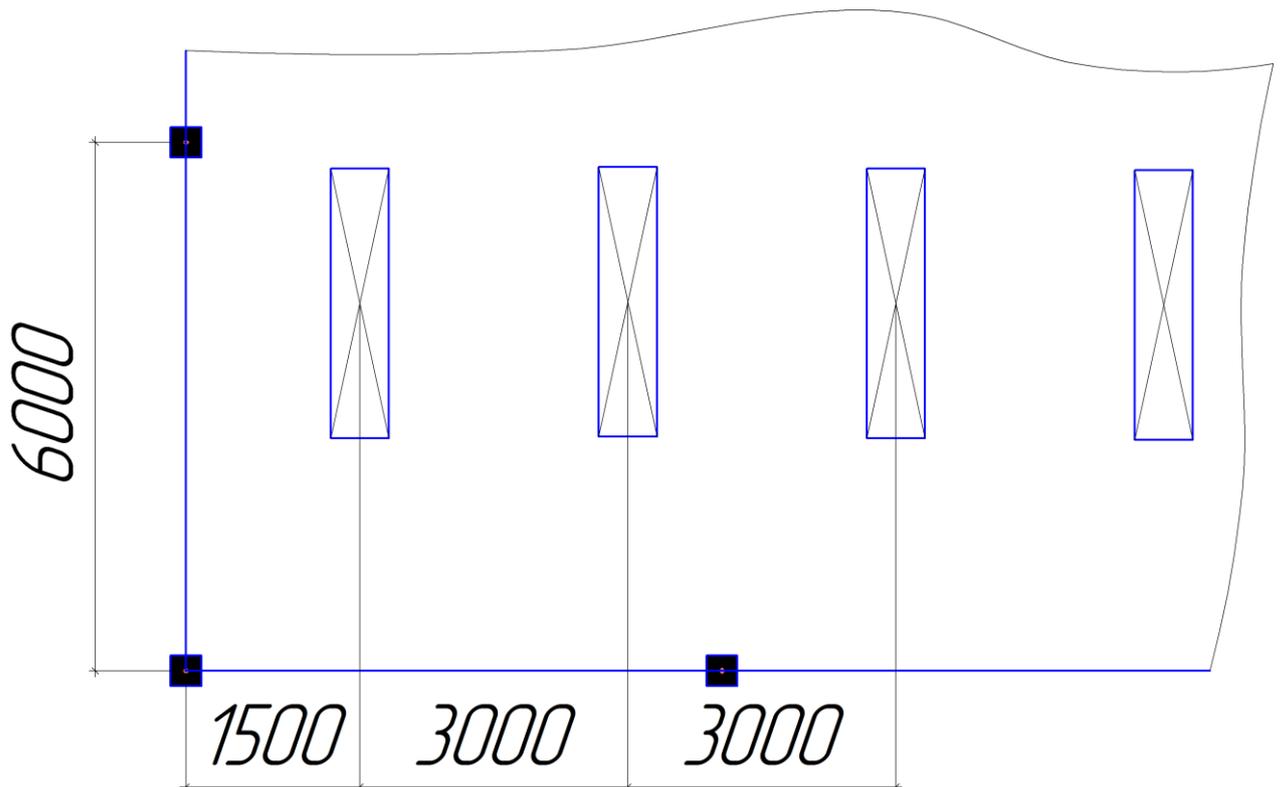


Рисунок 18 – Схема расположения ламп на участке по ТО и ТР

Рассчитанное количество ламп обеспечивает освещение участка согласно требованиям СН-245-97.

Заключение по разделу «Производственная и экологическая безопасность проекта».

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

- разработан паспорт безопасности на технологический процесс ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1 (таблица 4);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе

ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1 (таблица 5) и определены пути их снижения (таблица 6);

- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1 (таблицы 7, 8);
- определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия технологического процесса ТО-1 заднего моста автомобиля категории N1 (таблица 9);
- выполнен расчет освещения зоны ТО. Рассчитанное количество ламп обеспечивает освещение участка согласно требованиям СН-245-97.

6 Расчёт технико-экономических показателей проекта

«Затраты на изготовление механизма блокировки дифференциала заднего моста определяем по формуле [16]:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д.}} + C_{\text{о.д.}} + C_{\text{п.д.}} + C_{\text{сб.н.}} + C_{\text{о.н.}}, \quad (63)$$

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

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

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

$C_{\text{о.н.}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, руб» [27].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{к.д.}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (64)$$

где $Q_{\text{к}}$ – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей» [27].

В таблице 8 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 8 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Наименование детали	Марка металла	Масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Корпус редуктора	СЧ 18 ГОСТ 1412-85	12,5	65,	812,50
Итого:	–	–	–	812,50

Тогда по формуле (64) стоимость корпусных деталей:

$$C_{к.д.} = 12,5 \cdot 65,0 = 812,5 \text{ р.} \quad (65)$$

В таблице 9 представлена средняя трудоёмкость на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 9 – Средняя трудоёмкость на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Трудоёмкость изготовления одной единицы, чел.-ч	Суммарная трудоёмкость изготовления, чел.-ч
Левый корпус дифференциала	СЧ 18 ГОСТ 1412-85	1	2,60	3,50	3,50
Правый корпус дифференциала	СЧ 18 ГОСТ 1412-85	1	2,60	3,50	3,50
Ось сателлитов	Сталь 45 горячекатаная ГОСТ 1055-88	2	1,0	1,0	2,0
Фрикцион	Асбест прессованный ГОСТ 15960-96	10	0,45	0,40	4,0
Итого:	–	–	–	–	13,0

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д.} = C_{п.р.н} + C_{м}, \quad (66)$$

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

$C_{м}$ – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, руб.

Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{п.р.} = t \cdot C_{ч} \cdot k_t, \quad (67)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей;
 C_q – часовая ставка рабочих, отчисляемая по IV разряду, руб./ч;
 k_i – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,03» [15].

$$t = \sum n_i \cdot t_{дет.}, \quad (68)$$

$$t = 1 \cdot t_{ЛКД} + 1 \cdot t_{ПКД} + 2 \cdot t_{ось} + 10 \cdot t_{ФР},$$

$$t = 1 \cdot 3,5 + 1 \cdot 3,5 + 2 \cdot 1,0 + 10 \cdot 0,4 = 13,0 \text{ чел. – ч.},$$

Тарифную ставку считаем из расчёта минимального размера заработной платы по Самарской области на 2021 год, которая составляет 12130,0 руб.

Принимаем тарифную ставку из учета минимальной заработной платы по Самарской области для первого разряда: 82,5 руб./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. Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: 117,15 руб.

Из формулы (67) получим:

$$C_{ПР} = 13 \cdot 117,15 \cdot 1,03 = 1568,63 \text{ руб.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{Д} = \frac{(5 \dots 12) \cdot C_{ПР}}{100}, \quad (69)$$

$$C_{Д} = \frac{10 \cdot 1568,63}{100} = 156,86 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц} = \frac{30 \cdot (C_{пр} + C_{д})}{100}, \quad (70)$$

Подставив числовые значения в формулу (70), получим:

$$C_{соц} = \frac{30 \cdot (1568,63 + 156,86)}{100} = 517,64 \text{ р.}, \quad (72)$$

$$C_{пр} = 1568,63 + 156,86 + 517,64 = 2243,13 \text{ р.}$$

В таблице 10 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 10 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	1568,63
Дополнительная заработная плата	156,86
Начисления на заработную плату	517,64
Итого:	2243,13

Вывод: как видно из таблицы 3 заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 2243,13 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, руб./кг [17];

Q_3 – масса заготовки, кг» [26].

Представим стоимость на материалы заготовок на изготовление оригинальных деталей в виде таблицы 11.

Таблица 11 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Суммарная масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5	6
Левый корпус дифференциала	СЧ 18 ГОСТ 1412-85	1	2,60	65,0	169,0
Правый корпус дифференциала	СЧ 18 ГОСТ 1412-85	1	2,60	65,0	169,0
Оси сателлитов	Сталь 45 горячекатаная ГОСТ 1055-88	2	1,0	155,0	155,0
Фрикционы	Асбест прессованный ГОСТ 15960-96	10	0,45	125,0	56,25
Итого:	–	–	–	–	549,25

Стоимость на материалы заготовок составит: 549,25 р.

Подставив числовые значения в формулу (73), получим:

$$C_M = 65 \cdot 2,6 + 65 \cdot 2,6 + 155 \cdot 1 + 125 \cdot 0,45 = 1042,25 \text{ р.}$$

Тогда затраты на изготовление оригинальных деталей (таблица 5) составят:

$$C_{O.d} = 1725,49 + 549,25 = 2274,74 \text{ р.}$$

В таблице 12 представлены затраты на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 12 – Затраты на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений	2274,74
Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей	549,25
Итого:	2823,99

Вывод: как видно из таблицы 12 затраты на изготовление оригинальных деталей составляют 2823,99 руб.

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

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

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

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

$C_{соц.сб}$ – отчисления соцстраху рабочих, руб» [26].

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

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

где $T_{сб}$ – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч» [26].

Значение определяем по формуле:

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

где $t_{сб}$ – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч. По справочным данным принимаем: 2,50 чел.-ч.;

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, принимаем равным 1,25.

Подставив числовые значения в формулу (76), получим:

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 2,5 = 3,13 \text{ чел. - ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 3,13 \cdot 117,15 \cdot 1,03 = 377,67 \text{ р.}$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 377,67 = 37,76 \text{ р.}$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (377,67 + 37,76) = 124,62 \text{ р.}$$

Общую заработную плату из формулы (74) получим:

$$C_{сб.п} = 377,67 + 37,76 + 124,62 = 540,05 \text{ р.}$$

В таблице 6 представлена полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке.

Таблица 6 – Полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата рабочих	377,67
Дополнительная заработная плата рабочих	37,76
Отчисления соцстраху	124,62
Итого:	540,05

Вывод: как видно из таблицы 6, полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке конструкции составит 540,05 р.

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{OH} = \frac{C_{np} \cdot R_{OH}}{100}, \quad (77)$$

где C_{np}' – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении аппарата, руб.;

$R_{оп}$ – процент общепроизводственных накладных расходов» [26].

$$C_{np}' = C_{np} + C_{сб.н}. \quad (78)$$

Подставив числовые значения в формулу (78), получим:

$$C_{np}' = 1568,63 + 156,86 + 377,67 + 37,76 = 2140,92 \text{ р.}$$

Подставив числовые значения в формулу (77), получим:

$$C_{он} = \frac{2140,92 \cdot 15}{100} = 321,13 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов представлены в таблице 7 [17].

Таблица 7 – Затраты по статье «материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Болт	6	15,0	90,0
Гайка	6	8,0	48,0
Шайба	12	2,50	30,0
Итого:			168,0

Затраты на покупные детали составят: 168,0 руб.

По формуле (63) находим затраты на изготовление конструкции (таблица 8):

$$C_{кон} = 812,5 + 2823,99 + 540,05 + 321,13 + 168 = 4665,67 \text{ р.}$$

Таблица 8 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	812,5
Затраты на изготовление оригинальных деталей	2823,99
Затраты на сборку	540,05
Общепроизводственные накладные расходы	321,13
Стоимость покупных изделий (деталей)	168,0
Итого:	4665,67

Вывод: как видно из таблицы 8 общие затраты на изготовление конструкции равны 4665,67 р. Стоимость комплекта с установкой на автомобиль составит (1,125 – коэффициент, учитывающий монтаж) 5248,87 р.

Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

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

где $C_{\text{пр}}$ – стоимость прототипа, руб. [17];

Подставив числовые значения в формулу (79), получим:

$$\mathcal{E}_r = 10456 - 5248,87 = 5207,13 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

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

Подставив числовые значения я в формулу (80), получим:

$$O_{\text{ок}} = \frac{5248,87}{5207,13} = 1 \text{ год.} \quad (80)$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

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

Подставив числовые значения в формулу (81), получим:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = 5207,13 - 0,15 \cdot 5248,87 = 4419,79 \text{ р.}$$

В таблице 9 представлены показатели при модернизации редуктора ведущего моста.

Таблица 9 – Показатели при модернизации редуктора ведущего моста

Значение	Числовое значение, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	812,5
Затраты на изготовление оригинальных деталей	2823,99
Затраты на сборку	540,05
Общепроизводственные накладные расходы	321,13
Стоимость покупных изделий (деталей)	168,0
Затраты на изготовление	4665,67
Годовой экономический эффект	4419,79
Годовая экономия затрат	5207,13
Срок окупаемости, год	1

Анализируя таблицу 9 делаем вывод, что экономия достигается за счёт меньшей стоимости и составляет 5207,13 р., а срок окупаемости равен 1 год, что допустимо в данной конструкции. Экономический эффект составляет 4419,79 р.

Выводы по разделу.

Анализируя экономическую эффективность проекта, можно сделать вывод, что годовая экономия, достигаемая за счёт меньшей стоимости составляет 5207,13 р., а срок окупаемости равен 1 год, что допустимо в данной конструкции.

Заключение

Дипломный проект выполнен на тему: «Повышение проходимости грузового автомобиля ГАЗель NEXT путем разработки межколёсного дифференциала».

В начале исследований была поставлена цель – модернизировать трансмиссию применительно к автомобилю категории N₁ (путём разработки блокируемого межколёсного дифференциала), а так же разработать технологию технического обслуживания и ремонта.

Для достижения данной цели были поставлены и реализованы следующие задачи: проанализированы существующие конструкции трансмиссий транспортных средств; выбран базовый автомобиль категории N₁ и привязано к нему проектируемое оборудование; разработана структурная схема проектируемой трансмиссии; произведены основные расчёты проектируемой схемы; разработаны сборочные чертежи проектируемой конструкции; разработаны рабочие чертежи основных деталей разработанной конструкции; разработана технологическая карта на ремонт, монтаж, демонтаж агрегатов трансмиссии; разработаны мероприятия БЖД; рассчитаны технико-экономические показатели проекта; сделаны выводы и предложения.

Проведены расчеты экономической эффективности. Экономия эксплуатационных затрат от использования конструкторской разработки (самоблокирующийся дифференциал) составляет 5207,13 руб., экономия достигается за счёт снижения стоимости конструкции и за счёт снижения трудоёмкости с 6,0 чел.·ч до 4,0 чел.·ч.

Стоимость разработки составила 5248,87 руб., стоимость аналога – 10456,0 руб. Срок окупаемости капитальных вложений 1 год.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аринин И. Н. и др.. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. – Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
2. Башта Т.М., Руднев С.С, Некрасов Б.Б. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы, учебник для вузов, 1982, 280с.
3. Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
4. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
5. Гавриленко Г.А.; Рымаренко Л.И. Гидродинамические передачи - М: Машиностроение, 1998, 346 с.
6. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта". Учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.
7. Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.
8. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
9. Детали машин и основы конструирования/Под ред. М.Н. Ерохина. - М.: КолосС, 2004.-462 с: ил.
10. Инженерная экология и экологический менеджмент : учебник / М. В. Буторина [и др.] ; под ред. Н. И. Иванова [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Логос, 2004. - 518 с.
11. Колосков М.М., Долбенко Ю.В. Марочник сталей и сплавов. - М.: Машиностроение, 2004. - 672 с.

12. Краткий автомобильный справочник./НИИАТ. М. Транспорт, 1988 – 224 с.
13. Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 351 с.
14. Напольский Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: Учебник для вузов.-2-е изд., перераб. и доп.- М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
15. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта (ОНТП-01-91). – М.: Минавтотранс РСФСР, 1991. – 105 с.
16. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта/М-во автомоб. трансп. РСФСР. - М.: Транспорт, 1988. – 78 с.
17. Проектирование и расчёт подъёмно-транспортных машин общего назначения. Под ред. М.Н. Ерохина и А.В. Карпа.- М.: Колос, 1999.- 288с.
18. Сарбаев В.И., Селиванов С.С., Коноплев В.Н., Демин Ю.Н. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – Ростов., 2004. – 448с.
19. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления : Учеб. пособие / В. И. Сметанин. - Москва : КолосС, 2003. - 230 с.
20. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.-56 с.
21. Справочник автомобилиста. Учебник для студ. учреждений проф. образования. - М.: Издательский центр “Академия”, 2004. - 480с.
22. Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.
23. Техническая эксплуатация автомобилей /Под ред. Кузнецова Е.С. – М.: Наука, 2004 – 535с.
24. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.

25. Черемисинов В.И. Расчет деталей машин. - Киров: РИО ВГСХА, 2001.-233 с.
26. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с.
27. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.
28. Щинов П.Е. Проектирование автотранспортных предприятий: Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. – 4-е изд., переработанное и дополненное. – Киров: Вятская ГСХА, 2011. – 83 с.
29. Экология транспорта : учебник. / Е.И.Павлова. - М. : Высш. шк.,, 2010. - 366, [2] с.
30. Gethoffen H. Einsatz von Mikroprozessoren in der Nachrichtentechnik. Mikroprozessoren und ihre Anwendungen. / H. Gethoffen // Hrsg. von W. Hiibert und R. Piloty. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1977.
31. Konig, R. Schmiertechnik / R. Konig. – Springer, 1972. – p.164.
32. Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.
33. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
34. Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires / H.B. Pacejka// Phys. Tire tract: Theory and Exp. -New - York - London, 1974.
35. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englcwood Cliffs, 1975.
36. Wittel, H. Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung - Lehrbuch und Tabellenbuch / H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch. - Vieweg+Teubner Verlag, 2011.

Приложение А
Спецификации

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
А4			21.ДП.ПЭА.1726100.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
А1			21.ДП.ПЭА.172.61.00.000.В0	Чертеж общего вида	1	
<i>Заемствованные изделия</i>						
<i>Стр. №</i>						
		1		Автомобиль ГАЗель Next	1	
<i>Покупные изделия</i>						
		2		Болт М14х1,75-45 ГОСТ 15589-70	4	
		3		Болт М10х70 ГОСТ 7796-85	6	
		4		Шайба 14,65Г ГОСТ 6402-70	6	
		5		6402-70		
		6		Гайка М14х1,75 ГОСТ 15526-70	1	
		7		ГОСТ 15526-70		
<i>Вновь разработанные изделия</i>						
Взам. инв. №	Инв. №	Лист	Дата			
А1	5	21.ДП.ПЭА.172.61.05.000.СБ	Главная передача		1	
21.ДП.ПЭА.172.61.00.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Скоков					
Проб.	Галиев					
Н.контр.	Галиев					
Утв.	Бобровский					
Автомобиль ГАЗель Next				Лит	Лист	Листов
				1	1	1
				ТГУ, ИМ, АТС-1601В		
<i>Копировал</i>				<i>Формат А4</i>		

Рисунок А.1 – Спецификация на автомобиль ГАЗель NEXT

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Стр. №	Лист и дата	Инд. № эф. д.	Взам. инв. №	Лист и дата	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.000						
													Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
				<i>Документация</i>															
A2			21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.000.СБ	Сборочный чертеж	1														
				<i>Детали</i>															
		1	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.001	Корпус дифференциала	1														
		2	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.002	Крышка дифференциала	1														
		3	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.003	Колесо коническое	1	m=3,5;Z=90													
		4	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.004	Сателлит	4														
		5	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.005	Шайба	4														
		6	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.006	Втулка	4														
		7	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.007	Шестерня полуоси	2														
A3		8	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.008	Ось сателлитов	1														
A3		9	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.009	Ось сателлитов	1														
		10	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.010	Промежуточная чашка	2														
		11	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.011	Фрикцион ведущий	4														
		12	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.012	Фрикцион ведомый	4														
		13	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.013	Винт	8														
		14	21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.014	Гайка	16														
				<i>Стандартные изделия</i>															
		15		Болт М10х1,5-160	4														
		16		ГОСТ 15567-70	4														
				Шайба 10.65Г															
				ГОСТ 6402-70															
													21.ДП.ПЭА.172.61.05.01.000						
Инд. № подл.	Разраб.	Скоков				Лит	Лист	Листов											
	Проб.	Галиев																	
	Н.контр.	Галиев																	
	Утв.	Бобровский				Дифференциал			ТГУ, ИМ, гр. АТС-1601В										
													Копировал						
													Формат А4						

Рисунок А.3 – Спецификация на дифференциал