

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 эффективности тормозной системы грузового автомобиля КамАЗ
путем разработки тормоза-замедлителя

Студент

М.С. Тугамбаев

(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

Дипломный проект выполнен на тему: «Повышение эффективности тормозной системы грузового автомобиля КамАЗ путем разработки тормоза-замедлителя».

Пояснительная записка содержит пять разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 81 страница с приложением. Графическая часть содержит 8 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В качестве конструкторской разработки предложена разработка конструкции вторичного ретардера (тормоз-замедлитель) – устройство, дополняющее рабочую тормозную систему седельного тягача.

В первом разделе рассмотрено состояние вопроса и обоснована тема дипломного проекта.

Во втором разделе проведен анализ существующих конструкций ретардеров, выбрано оптимальное место расположения ретардера, выполнена конструкторская разработка вторичного ретардера, проведен тягово-динамический расчет автомобиля, расчет конструкции вторичного ретардера.

В третьем разделе разработана технология технического обслуживания и ремонта вторичного ретардера.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы, касающиеся безопасности и экологичности проекта.

В последнем разделе ВКР приведена технико-экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по ВКР.

Abstract

The topic of the graduation work is: «The improving the efficiency of the KAMAZ truck braking system by developing a brake retarder».

The explanatory note consists of 5 parts, introduction and conclusion, list of references, 1 appendix, totally 81 pages with appendix. The graphic part is on 8 A1 sheets, which executed in the computer-aided modeling system KOMPAS-3D. The graduation project is fully consistent with the issued assignment.

As a design development we proposed the development of the secondary retarder construction – a device, which complements the road tractor braking system.

In the first part we overviewed the retarder brake structure. The topic of the graduation work was justified.

In the second part the analysis of existing designs of retarders was carried out, the optimal location of the retarder was chosen. We developed the design of the secondary retarder. Also, the vehicle traction-dynamic properties was calculated. The technical characteristics of the secondary brake retarder were calculated.

In the third part the technology of maintenance and repair of the secondary retarder was developed.

The fourth part dealt with the issues related to the safety and environmental friendliness of the project.

The last section of the graduation work showed the technical and economic efficiency of the project.

In the conclusion the results of the study were reported.

Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса	8
1.1 Факторы, влияющие на тормозные свойства автомобиля.....	8
1.2 Служебное торможение автопоезда.....	11
1.3 Направление дальнейших исследований при разработке вторичного ретардера.....	14
2 Разработка конструкции вторичного ретардера	18
2.1 Обзор конструкций ретардеров	18
2.2 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	19
2.3 Выбор автомобиля для модернизации	35
2.4 Определение места установки ретардера	36
2.5 Разработка конструкции вторичного ретардера	37
2.6 Конструкторский расчёт вторичного ретардера	38
3 Разработка технологии технического обслуживания и ремонта тормоза-замедлителя.....	50
3.1 Операционно-технологическая карта	50
3.2 Технологическая карта сборки акваретардера.....	51
4 Производственная и экологическая безопасность проекта	52
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики сборки акваретардера.....	52
4.2 Определение профессиональных рисков.....	54
4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....	55
4.4 Пожарная безопасность	60
4.5 Экологическая безопасность технологического процесса сборки акваретардера.....	63
5 Экономическая эффективность проекта.....	66
Заключение	75
Список используемой литературы и используемых источников.....	76
Приложение А Спецификации.....	79

Введение

Автомобильный транспорт – одна из важнейших отраслей хозяйства, выполняющая функцию своеобразной кровеносной системы в сложном организме страны. Он не только обеспечивает потребности хозяйства и населения в перевозках, но вместе с городами образует «каркас» территории, является крупнейшей составной частью инфраструктуры, служит материально-технической базой формирования и развития территориального разделения труда, оказывает существенное влияние на динамичность и эффективность социально-экономического развития отдельных регионов и страны в целом.

«Автомобильный транспорт России представляет собой наиболее гибкий и массовый вид транспорта. У него ряд важных отличий от других транспортных отраслей. Начнём с того, что основная часть автомобильного парка страны эксплуатируется в нетранспортных организациях. При этом сеть автомобильных дорог наряду с парком коммерческих автомобилей используется также автомобилями, находящимися в личном пользовании граждан» [2].

«Грузовые перевозки – это один из наиболее «рыночных» секторов экономики. Российский опыт подтверждает известную закономерность, согласно которой рост рыночной экономики сопровождается, а в определенной мере и обуславливается опережающим развитием автотранспорта. И понятно почему. Грузопотоки, генерируемые развивающимися рынками товаров и услуг, в первую очередь осваиваются наиболее отзывчивым быстрым и гибким видом транспорта: автомобильным.

В отличие от других видов транспорта автотранспорт во все возрастающих объемах перевозит международные грузы. Это обусловлено его высокой маневренностью, большой скоростью, обеспечением перевозок непосредственно от отправителя до получателя в прямых бесперегрузочных

сообщениях. Мобильность автомобильного транспорта позволяет оперативно реагировать на изменение пассажиро- и грузопотоков» [3].

«Динамика роста российского автомобильного парка одна из самых высоких в мире. Тем не менее, этот процесс происходит в условиях существенного отставания потребительских и экологических показателей отечественных автотранспортных средств и используемых моторных топлив от достигнутого мирового уровня. Не ликвидировано уже существующее многие годы отставание в развитии и техническом состоянии улично-дорожной сети. В парке грузового автотранспорта сохраняется значительная доля (свыше 50%) автомобилей устаревших моделей, у которых срок эксплуатации превысил 10 лет. Все также невысок удельный вес (от 14 до 15%) новых автомобилей, выпущенных не позже 1996 г. Ежегодное обновление парка грузовых автомобилей не превышает 5% [1].

«Постоянный процесс усложнения конструкции автомобиля не мог не отразиться и на тормозной системе. В настоящее время подавляющее большинство грузовых автотранспортных средств выпускается с пневмоприводами второго поколения. Это так называемые многоконтурные тормозные системы удовлетворяющие Правилам № 13 ЕЭК ООН, а также отечественным требованиям по безопасности дорожного движения. Необходимость выполнения многочисленных и жестких требований привела к тому, что привод осложнился многочисленными аппаратами, магистралями и органами управления» [34].

У дизельных грузовых автомобилей КамАЗ, воздушная магистраль делится двойным и тройным защитными клапанами, на пять самостоятельных контуров.

Первый контур работает с тормозными камерами передних колес; второй контур работает с тормозными камерами заднего моста; третий контур работает с механизмами стояночной и запасной системы, для задействования тормозов прицепных конструкций; четвертый контур работает с вспомогательными механизмами: контроль подачи топлива,

сигнал, работа дворников и так далее; пятый контур работает с аварийным растормаживанием стояночного тормоза.

«При имеющихся положительных качествах многоконтурных тормозных приводов автомобилей семейства КамАЗ наиболее частыми неисправностями являются утечки воздуха из-за нарушения герметичности уплотнительных колец, манжет, поломки пневмоприводов, замерзание влаги в приводе при отрицательных температурах. Следует обратить внимание на неисправности стояночного тормозного контура, так как от его работы зависят технико-экономические показатели автомобиля и безопасность движения» [3].

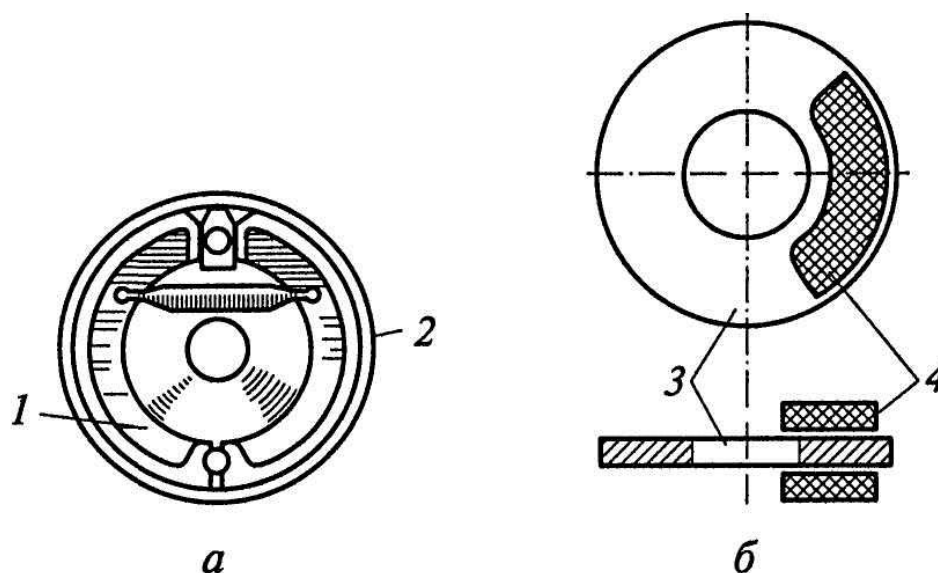
Основным назначением дипломного проекта, является получение сбалансированной, надежной конструкции ретардера, обеспечивающий длительный срок гарантированной безотказной работы тормозной системы и автомобиля в целом. Улучшая и расширяя функционал ретардера, вносим существенные изменения в действующую конструкцию, добавлены дополнительные элементы, расширяющие функционал ретардера.

1 Состояние вопроса

1.1 Факторы, влияющие на тормозные свойства автомобиля

«При торможении более эффективными являются барабанные тормозные механизмы, а более стабильными – дисковые. Дисковые тормозные механизмы по сравнению с барабанными имеют меньшую массу, более компактны и лучше охлаждаются. Однако у них быстрее изнашиваются фрикционные накладки колодок, и они хуже защищены от загрязнения» [33].

На рисунке 1 представлены схемы дисковых и барабанных тормозов

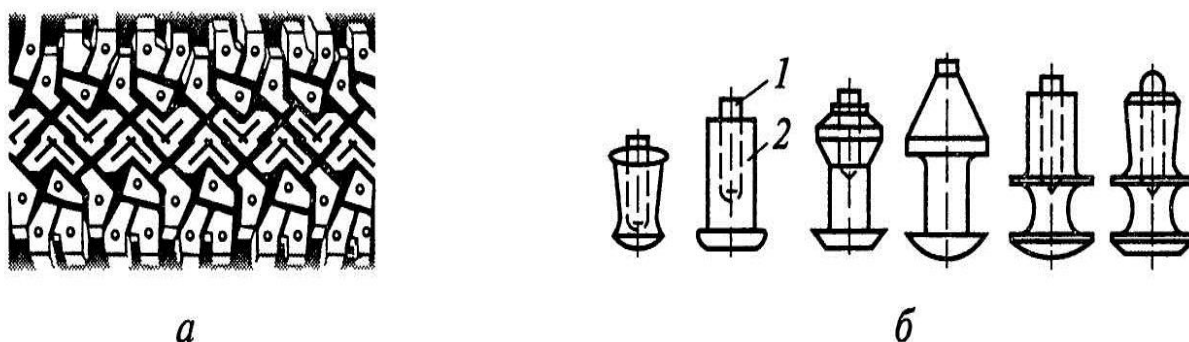


а – барабанный тормозной механизм; б – дисковый тормозной механизм
1, 4 – тормозные колодки; 2 – тормозной барабан; 3 – тормозной диск

Рисунок 1 – Схематическое устройство барабанного и дискового тормозных механизмов

Шероховатость, одно из основных свойств асфальтового дорожного покрытия, так как она позволяет улучшить сцепление шин автомобиля с дорогой и логично, что она больше у новой автомобильной дороги, так как в процесс её эксплуатации шероховатость сошлифовывается.

Зимой же используют шипованную или фрикционную (липучку) резину (рисунок 2)



а – зимний вариант рисунка протектора шины; б – шипы противоскольжения
1 – сердечник; 2 – корпус

Рисунок 2 – Зимний вариант рисунка протектора шины и шипы противоскольжения

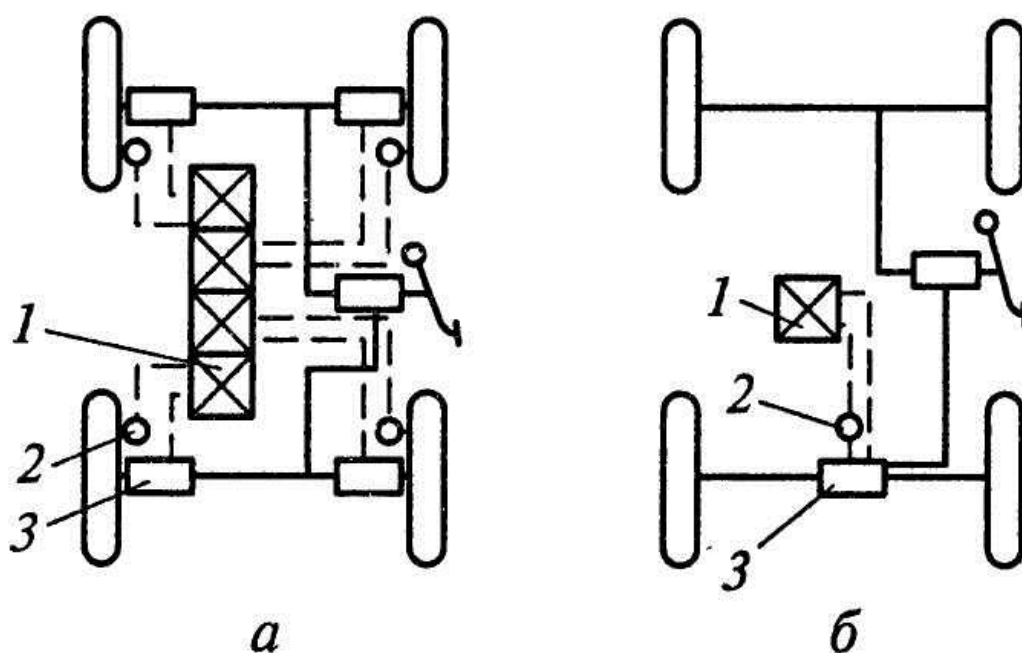
Наибольшая интенсивность торможения автомобиля достигается при полном использовании сцепления всеми колесами автомобиля, что возможно только при оптимальном распределении тормозных сил по колесам. Поэтому для торможения автомобиля в любых дорожных условиях с максимальным замедлением необходимо, чтобы тормозные силы на колесах автомобиля всегда были пропорциональны нагрузкам на колеса.

«Антиблокировочные системы устраняют блокировку колес автомобиля при торможении, регулируют тормозной момент и обеспечивают одновременное торможение всех колес автомобиля. При этом достигается оптимальная эффективность торможения (минимальный тормозной путь) и повышаются устойчивость автомобиля и безопасность его движения» [4].

«Наиболее эффективной является антиблокировочной системой с отдельным регулированием колес автомобиля. В этом случае на каждое колесо установлен отдельный датчик 2 угловой скорости, а в тормозном приводе к колесу – отдельный модулятор 3 давления и блок управления 1. Однако такая схема установки антиблокировочной системы наиболее сложная и дорогостоящая.

В более простой схеме используются один датчик 2 угловой скорости, установленный на валу карданной передачи, один модулятор 3 давления и один блок управления 1. Такая схема установки элементов антиблокировочной системы имеет более низкую чувствительность и обеспечивает меньшую эффективность торможения автомобиля» [31].

На рисунке 3 представлены конструктивные схемы антиблокировочных систем (далее – АБС), применяющихся на автомобилях.



а – АБС с отдельным регулированием колес; б – АБС с общим регулированием колес
1 – блок управления; 2 – датчик; 3 – модулятор давления

Рисунок 3 – Схемы АБС с отдельным и общим регулированием колес

«Применение АБС обеспечивает наибольший эффект на скользкой дороге, когда тормозной путь автомобиля уменьшается от 10 до 15 %. На сухой асфальтобетонной дороге такого сокращения тормозного пути автомобиля может и не быть» [3].

1.2 Служебное торможение автопоезда

Далее более подробно рассмотрим способ торможения – служебный.

«Служебным называется такой режим торможения, при котором тормозные силы на колесах автомобиля не достигают максимально возможного значения по сцеплению. Такое торможение является наиболее распространенным режимом торможения. При эксплуатации автомобилей оно составляет от 95 до 97 % общего числа торможений. Максимальное значение замедления при служебном торможении не превышает 4 м/с^2 . Торможение с таким замедлением вызывает неприятные ощущения и дискомфорт у пассажиров и применяется в исключительных случаях. Обычно в условиях эксплуатации используется плавное служебное торможение, при котором замедление составляет от $1,5$ до $2,5 \text{ м/с}^2$ » [4].

«При эксплуатации автомобилей применяются различные способы служебного торможения. Оно может осуществляться двигателем, с отсоединенным двигателем, с неотсоединенным двигателем (комбинированное торможение), тормозом-замедлителем (вспомогательным тормозом) и с периодическим прекращением действия тормозной системы.

При торможении двигателем тормозом служит двигатель, который не отсоединяется от трансмиссии, но работает на режиме холостого хода (с уменьшенной подачей горючей смеси) или без подачи в цилиндры горючей смеси. Ведущие колеса принудительно вращают коленчатый вал двигателя. В результате в двигателе за счет трения возникает сила сопротивления, которая замедляет движение автомобиля

Торможение двигателем применяют в горных условиях, при движении на длинных затяжных спусках и в тех случаях, когда требуется небольшое замедление. Оно обеспечивает плавное торможение, сохранность колесных тормозных механизмов и устойчивость автомобиля против заноса. Однако торможение двигателем на режиме холостого хода очень вредно для окружающей среды, загрязняемой отработавшими газами, с которыми на

этом режиме выбрасывается большое количество оксидов углерода» [25].

«Торможение с отсоединенным двигателем осуществляется только тормозными механизмами колес автомобиля без использования двигателя. Двигатель отсоединяют от трансмиссии путем выключения сцепления или установкой в нейтральное положение рычага коробки передач. Торможение с отсоединенным двигателем - основной способ служебного торможения. Оно чаще всего используется при эксплуатации автомобилей, так как обеспечивает необходимое замедление. Однако торможение с отсоединенным двигателем уменьшает устойчивость автомобиля на дорогах с малым коэффициентом сцепления» [4].

«Торможение с неотсоединенным двигателем – комбинированный способ торможения, который осуществляется тормозными механизмами колес совместно с двигателем автомобиля. Перед приведением в действие тормозных механизмов уменьшают подачу горючей смеси в цилиндры двигателя. Угловая скорость коленчатого вала двигателя снижается, чему препятствуют ведущие колеса, принудительно вращающие коленчатый вал через трансмиссию. В результате происходит торможение двигателем, после чего приводятся в действие тормозные механизмы колес. Торможение с неотсоединенным двигателем увеличивает срок службы тормозных механизмов, которые при длительных торможениях с отсоединенным двигателем сильно нагреваются и выходят из строя. Кроме того, оно повышает устойчивость автомобиля против заноса вследствие более равномерного распределения тормозных сил по колесам автомобиля» [22].

«Торможение с периодическим прекращением действия тормозной системы. Этот способ торможения обеспечивает наибольший эффект.

При таком способе торможения колеса автомобиля необходимо удерживать на грани юза, не допуская их скольжения. Колесо, катящееся и не скользящее, обеспечивает большую тормозную силу, а при движении колеса юзом его сцепление с дорогой резко уменьшается.

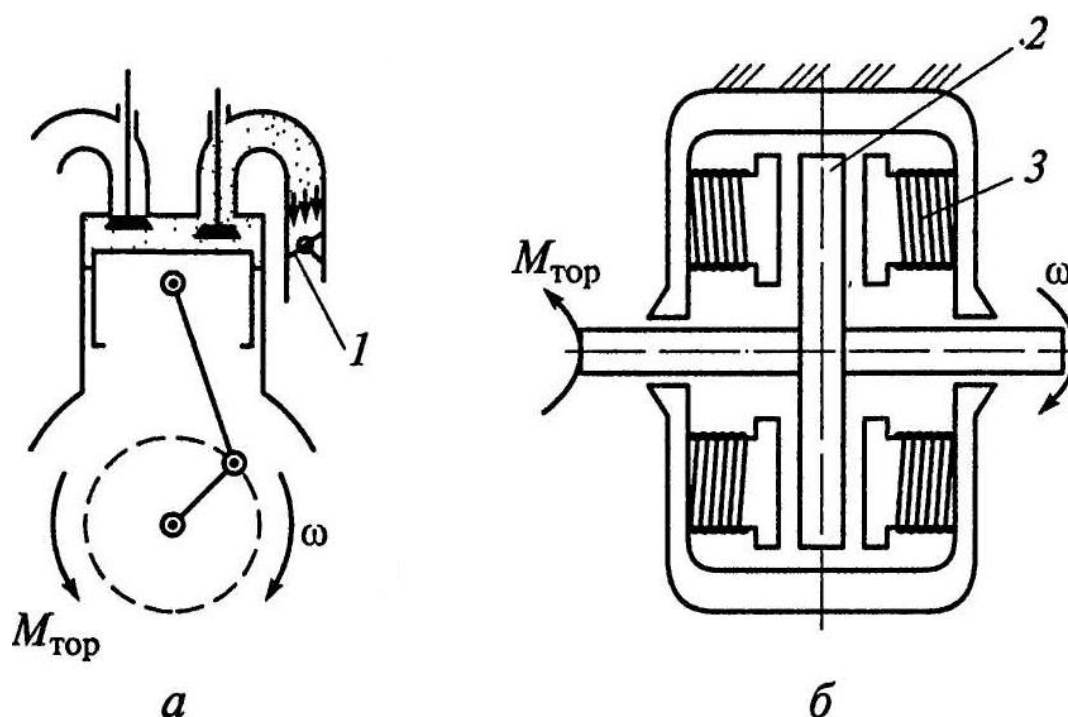
Торможение с периодическим прекращением действия тормозной

системы рекомендуется выполнять только водителям высокой квалификации, так как для удержания колес автомобиля на грани юза без их скольжения необходимы большой опыт и внимание» [4].

«Торможение тормозом-замедлителем осуществляют с помощью вспомогательного тормозного механизма, обычно действующего на вал трансмиссии автомобиля (рисунок 4). Этот способ обеспечивает плавное торможение с замедлением от 1 до 2 м/с² в течение длительного времени.

Торможение тормозом-замедлителем целесообразно в горных условиях, где при частых торможениях колесные тормозные механизмы быстро нагреваются и выходят из строя. Так, например, торможение автомобиля в горных условиях производится от 8 до 10 раз чаще, чем в обычных условиях на загородном шоссе» [3].

Использование тормоза-замедлителя позволяет повысить безопасность и снизить износ элементов тормозной системы.



а – моторный тормоз-замедлитель; б – электродинамический тормоз-замедлитель
1 – заслонка; 2 – ротор; 3 – электрический магнит

Рисунок 4 – Схемы моторного и электродинамического тормозов-замедлителей

«Моторный тормоз-замедлитель служит для замедления движения автомобиля, главным образом на затяжных спусках. Тормоз-замедлитель повышает безопасность движения и облегчает работу колёсных тормозов. Действие тормоз-замедлителя основано на переключении двигателя в режим работы компрессора. При этом вместо топлива в цилиндры двигателя поступает только воздух. В выпускном трубопроводе прикрывают специальную заслонку, отчего создаётся противодействие в выпускной системе двигателя, то есть повышается сопротивление выводу воздуха, выталкиваемого из цилиндров. Работая в таком режиме, двигатель не только не развивает мощность, но сам поглощает часть энергии движения автомобиля, затрачивая её на сжатие воздуха в цилиндрах. Таким образом, двигатель, связанный через трансмиссию с ведущими колёсами, замедляет их вращение. Основано как на переключении двигателя в режим компрессора, так и на использовании спецоборудования на торможении. На некоторых автомобилях особо большой грузоподъёмности с гидродинамической передачей в трансмиссии используют тормоз-замедлители роторного типа. Ротор с криволинейными лопатками установлен на ведущем валу коробки передач. При его включении в корпус подаётся масло, создающее сопротивление вращению ротора, а следовательно, и ведущего вала коробки передач, в результате чего замедляется движение автомобиля» [32].

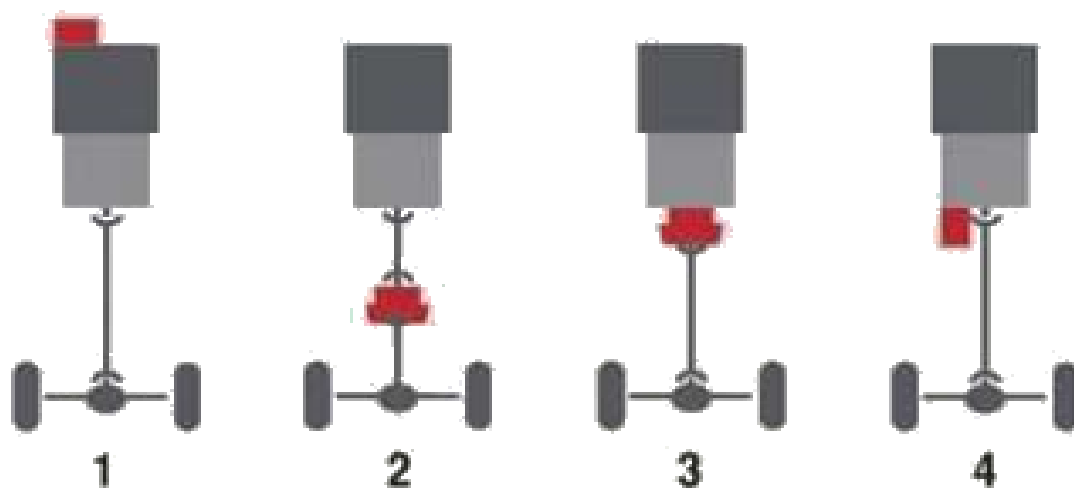
1.3 Направление дальнейших исследований при разработке вторичного ретардера

«По конструкции ретардеры делятся на электродинамические и гидродинамические.

По месту расположения ретардеры подразделяются на первичные (перед коробкой передач) и вторичные (за ней). Недостаток первичных в том,

что при переключении передач происходит прерывание тормозного момента - что, разумеется, нежелательно» [21].

На рисунке 5 представлены схемы установки ретардера на грузовом автомобиле.



1 – схема установки первичного ретардера; 2-4 – схемы установки вторичных ретардеров

Рисунок 5 – Схемы установки ретардера на грузовом автомобиле

«Электродинамический ретардер – это электродвигатель, где статор неподвижно закреплен на автомобиле. К роторам (с ребристой поверхностью для лучшего охлаждения) крепятся карданные валы. При подаче напряжения в обмотках статора возникает магнитное поле; оно наводит вихревые токи во вращающихся роторах, что и создает тормозной момент. При этом ротор может разогреваться до 600°С и даже выше. Чтобы не перегрелся статор (его температура не должна превышать 250°С) существует термозащита, ограничивающая подачу тока и, соответственно, уменьшающая тормозной момент.

В свою очередь, гидродинамический ретардер работает по принципу гидромукты и имеет собственную систему маслоснабжения (а также принудительное охлаждение). Здесь тоже есть и неподвижный статор, и ротор - колеса с лопастями, «смотрящими» друг на друга. При движении

машины ротор бесцельно гоняет воздух внутри ретардера, а вот для торможения в пустующий объем подается масло. Получается этакая «буря в стакане»: чем больше масла в зоне вращения ротора, тем сильнее он замедляется. Поскольку ротор жестко связан с трансмиссией, замедляется и сам автомобиль» [30].

На рисунке 6 представлен гидродинамический ретардер.

«Электродинамические устройства очень громоздкие, тяжелые (несколько сотен килограммов) и заметно теряют эффективность при нагревании. Правда, они обеспечивают высокий тормозной момент даже на малых скоростях движения» [3].



Рисунок 6 – Гидродинамический ретардер «в разрезе»

«Гидродинамическая конструкция заметно легче (вес – до 85 кг) и компактнее. Она малоэффективна на невысоких скоростях, зато может непрерывно работать в течение долгого времени, поскольку при начале торможения прекращается подача топлива в двигатель и его система охлаждения обслуживает только ретардер.

Если ретардер объединен с коробкой передач, он называется интегрированным: фирма ZF даже ввела для него отдельное название – интардер. Он соединяется со вторичным валом не напрямую, а через пару

шестерен с передаточным отношением примерно $1/2$ – поэтому скорость вращения ротора здесь в два раза выше» [35].

Выводы по разделу.

С учетом вышеизложенной информации, цель дипломного проекта следующая – разработать тормоз-замедлитель (вторичный ретардер, который устанавливается после КПП) для грузового автомобиля, технологию технического обслуживания и ремонта.

Чтобы выполнить работу предлагается поставить следующие задачи:

- произвести анализ конструкторских особенностей ретардеров;
- выбрать базовый автомобиль и в зависимости от типа ретардера выбрать подходящее место;
- произвести основные расчёты проектируемой схемы;
- разработать сборочный чертёж проектируемой конструкции;
- изготовить рабочие чертежи основных деталей разработанной конструкции;
- разработать технологическую карту на ТО, ремонт, монтаж, демонтаж разработанной конструкции;
- разработать мероприятия БЖД;
- рассчитать технико-экономические показатели проекта;
- сделать выводы и предложения.

2 Разработка конструкции вторичного ретардера

2.1 Обзор конструкций ретардеров

«Представителями противоположных направлений являются фирмы Voith и Telma. В задачи обоих типов систем входит создание тормозного момента. Второй объединяющий фактор – механизм. В обоих агрегатах есть вращающаяся часть (ротор) и неподвижная часть (статор)» [4].

«Гидродинамический ретардер состоит из двух турбин, закрепленных на одной оси в общем корпусе, в который наполняется масло. Ротор жестко связан с ведущими элементами трансмиссии, в то время как статор жестко соединен с корпусом. При включении ретардера открывается клапан, через который сжатый воздух поступает в расширительный бак. Таким образом, рабочая жидкость начинает поступать внутрь турбины. Ротор, движимый карданным валом, разгоняет масло, которое затем попадает в статор и тормозится, замедляя тем самым и грузовик. Для вывода тепла чаще всего используется система охлаждения двигателя. Ретардеры могут оборудоваться собственным радиатором, если объем системы охлаждения автомобиля не рассчитан на появление дополнительных источников тепла. В новых моделях этих устройств система охлаждения ретардера объединена с системой охлаждения двигателя, что не только делает конструкцию проще и легче, но и позволяет достичь большей стабильности температурного режима работы. Недостатком гидродинамического ретардера является тот факт, что для достижения эффективного торможения ему необходимы достаточно высокие обороты» [19].

«Акватардер работает по гидродинамическому принципу. Возникающая при торможении теплота отводится охлаждающей жидкостью двигателя. Акватардер установлен спереди двигателя и жестко закреплен с его коленчатым валом. Он относится к классу ведущих ретардеров. К недостаткам конструкции относится малый крутящий момент – около

1800 Н·м, меньше, чем у ретардеров, работающих на масле (от 2000 до 3200 Н·м). К достоинствам – малый вес (около 32 кг), по сравнению с электромагнитным ретардером (в среднем от 100 кг)» [4].

«Электромагнитный ретардер.

При вращении ротора возникающее магнитное поле взаимодействует с полем электромагнитов статора и замедляет движение автомобиля. Несмотря на то, что электромагнитные ретардеры тяжелее гидродинамических, они имеют существенное преимущество: начинают эффективно работать практически с холостых оборотов. Слабая сторона – дорогая замена вышедших из строя электрокатушек» [5].

2.2 Тягово-динамический расчет автомобиля

2.2.1 Исходные данные для расчёта и компоновочная схема автомобиля

Для того чтобы произвести тягово-динамический расчет автомобиля необходимо иметь основные характеристики рассчитываемого автомобиля.

Все необходимые для расчета данные, заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристики основных параметров

Параметр, размерность, обозначение	Значение
Модель грузового автомобиля	КамАЗ-65225
Масса, кг	11150
в том числе: на переднюю/ заднюю ось	5200/5950
Полная масса, кг	28300
в том числе: на переднюю/заднюю ось	6900/21400
База, м	3515
Габаритные размеры, длина/ширина/высота, м	7280/2900/3510
Дорожный просвет, мм	308
Внешний габаритный радиус поворота, м	11,5
Максимальная скорость, км/ч	80/100
Контрольный расход топлива, при 60 км/ч, л/100км	35
Двигатель	дизельный с турбонаддувом
Число и расположение цилиндров	V-8
Максимальная мощность двигателя, кВт	265
Максимальный крутящий момент, Н·м	1570

2.2.2 Внешние скоростные характеристики автомобиля

Исходные данные для расчёта внешних характеристик двигателя представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для расчёта внешних характеристик двигателя

Параметр	Единицы измерения	Значение
1	2	3
Автомобиль	-	КАМАЗ-65225
Максимальная мощность	кВт (л/с)	154,4 (210)
Коэффициенты в уравнении мощности	–	0,53/ 1,56/ 1,09
Минимальная частота вращения	об/мин	600
Максимальная частота вращения	об/мин	2600

Внешние скоростные характеристики двигателя представляют собой зависимость частоты вращения коленчатого вала мощности от крутящего момента.

«Расчёт выполняется по формулам:

$$N_e = N_{\max} \cdot \left[a \cdot \frac{n_e}{n_{\max}} + b \cdot \left(\frac{n_e}{n_{\max}} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{n_e}{n_{\max}} \right)^3 \right], \quad (1)$$

где n_e – текущее значение частоты вращения коленчатого вала;

N_e – текущие мощности двигателя;

N_{\max} – максимальное значение мощности двигателя;

a, b, c – коэффициенты, учитывающие тип двигателя, форму камеры сгорания, для дизельных двигателей $a=b=c=1$ » [7].

$$M_e = \frac{N_e}{n_e} \cdot 9554. \quad (2)$$

Данные расчетов заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчётные значения внешних скоростных характеристик

Параметр	Значение частоты вращения коленчатого вала при оборотах, об/мин						
	600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
Отношение текущей и максимальной частоте вращения	0,23	0,38	0,6	0,8	1	1,2	1,4
Отношения текущей и максимальной частоте вращения в квадрате	0,05	0,14	0,3	0,6	1	1,3	1,8
Отношение текущей и максимальной частоте вращения в кубе	0,001	0,05	0,2	0,5	1	1,5	2,5
Мощность двигателя, кВт	22,7	51,5	77,3	98,3	110,3	106,4	134,8
Крутящий момент, Н·м	361,8	410,1	410,1	391,2	329,3	282,3	368

2.2.3 Тягово-скоростные характеристики автомобиля

«Тягово-скоростные характеристики определяются по рассчитанным внешним скоростным характеристикам. Расчет выполняется для всех передач, и на основании полученных результатов делается заключение о тяговых и динамических свойствах автомобиля» [7].

Расчет заключается в определении скорости движения автомобиля, тяговых усилий на ведущих колесах, сил сопротивления движению и динамического фактора по тяге и сцеплению колес разных передачах в заданном диапазоне частот (от 600 до 3500 мин⁻¹) вращения коленвала.

В таблице 4 представлены исходные данные для расчета тягово-скоростных характеристик.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета тягово-скоростных характеристик

Параметр	Значение
Радиус качения	0,488
Передаточные числа передач:	
– главной	5,94
– первой	7,82
– второй	4,03
– третьей	2,5
– четвертой	1,53
– пятой	1,00
КПД трансмиссии	0,85

«Тягово-скоростные (стендовые) характеристики автомобиля рассчитываются по формулам:

$$V_a = \frac{0,378 \cdot n_B \cdot r_K}{i_{КПП} \cdot i_{ГЛ.ПЕР.}}, \quad (3)$$

где r_K – радиус качения» [7].

$$P_T = \frac{M_e \cdot i_{TP} \cdot i_O}{r_K} \cdot \eta. \quad (4)$$

Производим расчеты характеристик автомобиля на передачах и заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчётные значения тягово-скоростных характеристик

Передача	Значение при оборотах, об/мин							
	Обороты двигателя, об/мин	600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
	Крутящий момент, Н·м	467,19	545,82	609,74	627,17	567,36	521,2	370,9
Первая	Скорость, км/ч	2,38	3,97	5,96	7,94	10,32	11,91	13,9
	Тяговая сила, Н	37799	44161	49333	50743	45904	42169	30009
Вторая	Скорость, км/ч	4,63	7,71	11,57	15,42	20,05	23,13	26,99
	Тяговая сила, Н	19480	22759	25424	26150	23657	21732	15465
Третья	Тяговая сила, Н	7,45	12,42	18,63	24,84	32,29	37,26	43,47
	Скорость, км/ч	12086	14120	15774	16225	14678	13483	9224
Четвертая	Тяговая сила, Н	12,18	20,3	30,45	40,59	52,77	60,89	71,04
	Скорость, км/ч	7396	8640	9652	9928	8980	8251	5871
Пятая	Тяговая сила, Н	18,63	31,06	45,58	62,11	80,74	93,17	108,69
	Скорость, км/ч	4835	5649	6311	6491	5872	5394	3839

Определяем силу сопротивления качения:

$$P_K = G \cdot f, \quad (5)$$

$$P_K = 149989 \cdot 0,015 = 2249,84.$$

Определяем сила сопротивления дороги:

$$P_D = G \cdot (f + i), \quad (6)$$

$$P_D = 149989 \cdot (0,015 + 0) = 2249,84 \text{ Н.}$$

Определяем силу сопротивления воздуха:

$$P_B = \frac{k_B \cdot F_B \cdot V^2}{13}, \quad (7)$$

где k_B – коэффициент обтекаемости, принимаем $0,6 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$;

F_B – лобовая площадь, $7,39 \text{ м}^2$.

Сила сопротивления воздуха рассчитываем для различных скоростей:

$$P_{B10} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 10^2}{13} = 34,1 \text{ Н,}$$

$$P_{B30} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 30^2}{13} = 307,0 \text{ Н,}$$

$$P_{B50} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 50^2}{13} = 852,7 \text{ Н,}$$

$$P_{B70} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 70^2}{13} = 1671,3 \text{ Н,}$$

$$P_{B90} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 90^2}{13} = 2762,7 \text{ Н,}$$

$$P_{B110} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 110^2}{13} = 4127,0 \text{ Н.}$$

Сила сопротивления дороги определяется по формуле:

$$P_{\text{д}} = G \cdot f \cdot \left(1 + \frac{V^2}{259200} \right), \quad (8)$$

$$P_{\text{д}10} = 2250,7 \text{ Н},$$

$$P_{\text{д}30} = 2257,6 \text{ Н},$$

$$P_{\text{д}50} = 2271,5 \text{ Н},$$

$$P_{\text{д}70} = 2292,4 \text{ Н},$$

$$P_{\text{д}90} = 2320,1 \text{ Н},$$

$$P_{\text{д}110} = 2354,9 \text{ Н}.$$

Мощность, подводимая к ведущим колёсам автомобиля, определяется по формуле:

$$N_{\text{т}} = N_{\text{е}} \cdot \eta, \quad (9)$$

$$N_{\text{т}1} = 29,34 \cdot 0,85 = 24,94 \text{ кВт},$$

$$N_{\text{т}2} = 57,25 \cdot 0,85 = 48,66 \text{ кВт},$$

$$N_{\text{т}3} = 95,73 \cdot 0,85 = 81,37 \text{ кВт},$$

$$N_{\text{т}4} = 131,24 \cdot 0,85 = 111,55 \text{ кВт},$$

$$N_{\text{т}5} = 154,4 \cdot 0,85 = 131,24 \text{ кВт},$$

$$N_{\text{т}6} = 163,66 \cdot 0,85 = 139,11 \text{ кВт},$$

$$N_{\text{т}7} = 135,87 \cdot 0,85 = 115,49 \text{ кВт}.$$

Мощность, затрачиваемая на силу сопротивления дороги, определяется по формуле:

$$N_{\text{д}} = \frac{P_{\text{д}} \cdot V}{3600}, \quad (10)$$

$$N_{\text{д}10} = 6,25 \text{ кВт},$$

$$N_{Д30} = 18,81 \text{ кВт} ,$$

$$N_{Д50} = 31,55 \text{ кВт} ,$$

$$N_{Д70} = 44,57 \text{ кВт} ,$$

$$N_{Д90} = 58 \text{ кВт} ,$$

$$N_{Д110} = 68,78 \text{ кВт} .$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха, определяется по формуле:

$$N_B = \frac{P_B \cdot V}{3600} , \quad (11)$$

$$N_{B10} = 0,095 \text{ кВт} ,$$

$$N_{B30} = 2,56 \text{ кВт} ,$$

$$N_{B50} = 11,84 \text{ кВт} ,$$

$$N_{B70} = 32,49 \text{ кВт} ,$$

$$N_{B90} = 69,05 \text{ кВт} ,$$

$$N_{B110} = 126,08 \text{ кВт} .$$

Сила сопротивления воздуха для каждой передачи определяется по формуле:

$$P_{Bi}^{ne} = \frac{k_B \cdot F_B \cdot V^2}{13} , \quad (12)$$

$$P_{B1}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 2,38^2}{13} = 1,93 \text{ Н} ,$$

$$P_{B2}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 4,63^2}{13} = 7,29 \text{ Н} ,$$

$$P_{B1}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 3,97^2}{13} = 5,36 \text{ Н} ,$$

$$P_{B2}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 7,71^2}{13} = 20,21 \text{ H},$$

$$P_{B1}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 5,96^2}{13} = 12,06 \text{ H},$$

$$P_{B2}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 11,57^2}{13} = 45,51 \text{ H},$$

$$P_{B1}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 7,94^2}{13} = 21,43 \text{ H},$$

$$P_{B2}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 15,42^2}{13} = 80,84 \text{ H},$$

$$P_{B1}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 10,32^2}{13} = 36,22 \text{ H},$$

$$P_{B2}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 20,05^2}{13} = 136,68 \text{ H},$$

$$P_{B1}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 11,91^2}{13} = 48,23 \text{ H},$$

$$P_{B2}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 23,13^2}{13} = 181,9 \text{ H},$$

$$P_{B1}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 13,9^2}{13} = 65,64 \text{ H},$$

$$P_{B2}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 26,99^2}{13} = 247,68 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 7,45^2}{13} = 18,87 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 12,18^2}{13} = 50,44 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 12,42^2}{13} = 52,45 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 20,3^2}{13} = 140,11 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 18,63^2}{13} = 118 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 30,45^2}{13} = 315,25 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 24,84^2}{13} = 209,79 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 40,59^2}{13} = 560,17 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 32,29^2}{13} = 354,5 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 52,77^2}{13} = 946,79 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 37,26^2}{13} = 472 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 60,89^2}{13} = 1260,58 \text{ H},$$

$$P_{B3}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 43,47^2}{13} = 642,48 \text{ H},$$

$$P_{B4}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 71,04^2}{13} = 1715,87 \text{ H},$$

$$P_{B5}^{600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 18,63^2}{13} = 118 \text{ H},$$

$$P_{B5}^{1000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 31,06^2}{13} = 328 \text{ H},$$

$$P_{B5}^{1500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 45,58^2}{13} = 706,36 \text{ H},$$

$$P_{B5}^{2000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 62,11^2}{13} = 1315,75 \text{ H},$$

$$P_{B5}^{2600} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 80,74^2}{13} = 2216,44 \text{ H},$$

$$P_{B5}^{3000} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 93,17^2}{13} = 2951,42 \text{ Н},$$

$$P_{B5}^{3500} = \frac{0,6 \cdot 7,39 \cdot 108,69^2}{13} = 4016,6 \text{ Н}.$$

Динамическая характеристика автомобиля по формуле (13).

$$D = \frac{P_T^i \cdot P_{Bi}^{n_e}}{G_0 \cdot 9,8}, \quad (13)$$

где P_T – тяговая сила на i передачи;

«Рассчитаем силу сцепления с дорогой по формуле (14).

$$D_{сц.}^i = \frac{\varphi_x \cdot m_p^i \cdot G_2}{G_a}, \quad (14)$$

где G_2 – часть массы приходящейся на ведущие колеса автомобиля с полной нагрузкой,

G_a – полная масса автомобиля,

φ_x – коэффициент предельного сцепления, принимается в зависимости от дорожных условий от 0,1 до 0,7;

m_p^i – коэффициент перераспределения массы, для задней, ведущей оси автомобиля» [7].

2.2.4 Разгон и ускорение автомобиля

«К характеристикам разгона и ускорения, подлежащим расчету, относятся следующие:

- ускорения автомобиля на разных передачах;
- скорости, при которых происходит переключение передач;
- время и путь разгона до предельной скорости» [15].

«Рассчитаем ускорения проектируемого автомобиля:

$$J_m = \frac{(D - \psi) \cdot g}{\delta_{\text{врт.}}}, \quad (15)$$

где $\delta_{\text{врт.}}$ – коэффициент учета вращающихся масс на m -ой передаче, определяется по формуле (17).

$$\delta_{\text{врт.}} = 1,03 + 0,05 \cdot i_{TP}^2, \quad (16)$$

где i_{TP}^2 – передаточное отношение на m -ой передаче» [7].

Подставляем значения в формулы (13, 14, 15 16), рассчитываем и заносим результаты в таблицу 6.

Таблица 6 – Расчетные данные

Передача	Обозначение	Значение при оборотах, об/мин						
		600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
Первая	D	0,54	0,64	0,71	0,73	0,66	0,61	0,43
	V_a , км/ч	2,38	3,97	5,96	7,94	10,32	11,91	13,9
	J_m , м/с ²	1,27	1,51	1,68	1,73	1,56	1,44	1
	ψ	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Вторая	D	0,28	0,33	0,37	0,38	0,34	0,31	0,22
	V_a , км/ч	4,63	7,71	11,57	15,42	20,05	23,13	26,99
	J_m , м/с ²	1,41	1,68	1,89	1,95	1,73	1,57	1,09
	ψ	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Третья	D	0,17	0,2	0,23	0,23	0,21	0,19	0,12
	V_a , км/ч	7,45	12,42	18,63	24,84	32,29	37,26	43,47
	J_m , м/с ²	1,13	1,35	1,57	1,57	1,43	1,28	0,77
	ψ	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Четвертая	D	0,11	0,12	0,13	0,14	0,12	0,1	0,06
	V_a , км/ч	12,18	20,3	30,45	40,59	52,77	60,89	71,04
	J_m , м/с ²	0,81	0,89	0,98	1,07	0,89	0,72	0,38
	ψ	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Пятая	D	0,07	0,08	0,08	0,07	0,05	0,004	–
	V_a , км/ч	18,63	31,06	45,58	62,11	80,74	93,17	–
	J_m , м/с ²	0,5	0,59	0,59	0,5	0,32	0,23	–
	ψ	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	–

Для проведения расчета времени разгона проектируемого автомобиля первым этапом необходимо определить среднее ускорение автомобиля, в нашем случае грузового автомобиля с техническими характеристиками и параметрами указанными ранее.

Среднее ускорение определяется по формуле:

$$J_{CP,i} = \frac{J_i + J_{i+1}}{2}, \quad (17)$$

где J_i – ускорение в начале интервала скорости;

J_{i+1} – ускорение в конце интервала скорости.

Расчет средней скорости проектируемого автомобиля:

$$V_{CP} = \frac{V_i + V_{i+1}}{2 \cdot 3,6}. \quad (18)$$

«Время разгона автомобиля на каждом участке определяется по формуле:

$$\Delta t_i = \frac{\Delta V_i}{J_{CP,i}}. \quad (19)$$

где ΔV_i – разница скоростей в начале и в конце i передачи» [7].

Путь разгона автомобиля определяется по формуле:

$$\Delta S = V_{CP,i} \cdot \Delta t_i. \quad (20)$$

Производим расчеты по формулам (17, 18, 19, 20) и для каждой передачи и заносим в таблицу 7.

Таблица 7 – Разгон автомобиля

Передача	n_i , об/мин	V_i , км/ч	V_{i+1} , км/ч	V_{CP} , м/с	J_i	J_{i+1}	$J_{CP,i}$	Δt_i	ΔS
Первая	600	2,4	3,9	0,9	1,3	1,5	1,4	1,1	1
	1000	3,9	5,9	1,4	1,5	1,7	1,6	1,2	1,7
	1500	5,9	7,9	1,9	1,7	1,7	1,7	1,2	2,4
	2000	7,9	10,3	2,5	1,7	1,6	1,7	1,4	3,7
	2600	10,3	11,9	3,1	1,6	1,4	1,5	1,1	3,3
	3000	11,9	13,9	3,6	1,4	1,1	1,2	1,6	5,9
	3500	13,9	–	–	2	–	–	–	–
Вторая	600	4,6	7,7	1,7	1,4	1,8	1,6	1,9	3,4
	1000	7,7	11,6	2,7	1,7	1,9	1,8	2,2	5,8
	1500	11,6	15,4	3,8	1,9	1,9	1,9	2,0	7,5
	2000	15,4	20,1	4,9	1,9	1,8	1,9	2,5	12,3
	2600	20,1	23,1	5,0	1,7	1,6	1,7	1,9	7,5
	3000	23,1	26,9	6,9	1,6	1,1	1,3	2,9	20,2
	3500	26,9	–	–	1,1	–	–	–	–
Третья	600	7,5	12,4	2,8	1,1	1,4	1,2	4,0	11,1
	1000	12,4	18,6	4,3	1,4	1,6	1,5	4,3	18,3
	1500	18,6	24,8	6,0	1,6	1,6	1,6	3,9	23,9
	2000	24,8	32,3	7,9	1,6	1,4	1,5	4,9	39,5
	2600	32,3	37,3	9,7	1,4	1,3	1,4	3,7	35,3
	3000	37,3	43,5	11,2	1,3	0,8	1,0	6,0	67,6
	3500	43,5	–	–	0,7	–	–	–	–
Четвертая	600	12,2	20,3	4,5	0,8	0,9	0,9	9,6	43,1
	1000	20,3	30,5	7,1	0,8	0,9	0,9	10,8	76,1
	1500	30,5	40,6	9,9	0,9	1,1	1,0	9,8	97,1
	2000	40,6	52,8	12,9	1,1	0,9	0,9	12,4	161,2
	2600	52,8	60,9	15,8	0,9	0,7	0,8	10,0	158,2
	3000	60,9	71,0	18,3	0,7	0,4	0,6	18,5	338,2
	3500	71,0	–	–	0,4	–	–	–	–
Пятая	600	18,6	31,1	6,9	0,5	0,6	0,6	22,6	155,9
	1000	31,1	45,6	10,6	0,6	0,6	0,6	24,6	261,9
	1500	45,9	62,1	14,9	0,6	0,5	0,6	30,1	449,6
	2000	62,1	80,7	19,8	0,5	0,3	0,4	45,4	901,5
	2600	80,7	93,2	24,2	0,3	0,2	0,3	44,4	1072,5
	3000	93,2	–	–	0,2	–	–	–	–
	3500	–	–	–	–	–	–	–	–

«Путь, пройденный автомобилем за время переключения передач, определяется по формуле:

$$\Delta S_{II} = (V_H - 17 \cdot t_{II}) \cdot t_{II}, \quad (21)$$

где V_H – скорость в начале переключения передач, определяется по формуле (23)» [7].

$$V_H = V_{CP} - V_{II}, \quad (22)$$

$$V_H = 5,28 - 2,58 = 2,7 \text{ м/с},$$

$$V_H = 9,08 - 5,43 = 3,65 \text{ м/с},$$

$$V_H = 14,77 - 8,69 = 6,08 \text{ м/с},$$

$$V_H = 21,25 - 14,56 = 6,69 \text{ м/с}.$$

2.2.5 Расчет топливной экономичности автомобиля

«Путевой расход топлива определяется формуле:

$$q_{II} = \frac{g_e \cdot N_e}{10 \cdot V \cdot \rho_T} \quad (23)$$

где ρ_T – плотность топлива для бензина 740 кг/м^3 ($0,74 \text{ кг/л}$), для дизельного топлива 800 кг/м^3 ($0,8 \text{ кг/л}$)» [8].

«Удельный расход топлива зависит от числа оборотов коленчатого вала и степени использования мощности и определяется по формуле:

$$g_e = g_N \cdot K_{OB} \cdot K_{II}. \quad (24)$$

где g_N – удельный расход топлива при максимальной мощности двигателя, для дизельного топлива $258,4 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$;

K_{OB} – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от оборотов коленчатого вала

K_{II} – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива от степени использования мощности» [8].

Известно, что наиболее рациональными режимами движения с точки зрения топливной экономичности являются 0,8 от максимальной мощности.

На основании этого удельный и путевой расходы равны:

$$g_e = 258,4 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 144,7 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}.$$

$$q_{\text{п}} = \frac{144,7 \cdot (154,4 \cdot 0,8)}{10 \cdot (80 \cdot 0,8) \cdot 0,8} = 34,9 \text{ л/100км.} \quad (25)$$

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунках (7, 8).

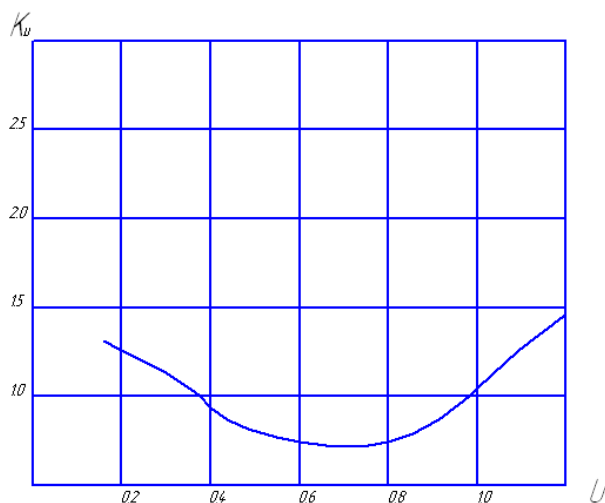


Рисунок 7 – График зависимости коэффициента, учитывающего изменение удельного расхода топлива от степени использования мощности

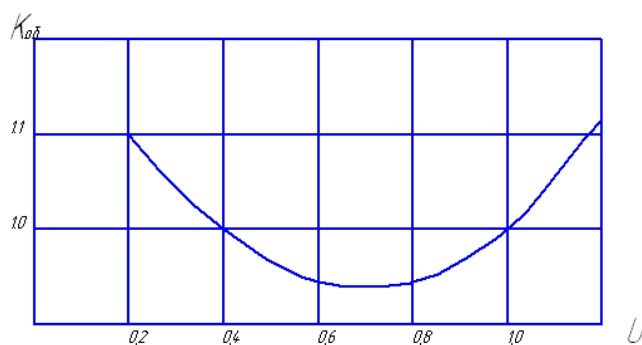


Рисунок 8 – График зависимости коэффициента, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности

2.2.6 Анализ эксплуатационных свойств проектируемого автомобиля

Проектируемый автомобиль, прототипом которого является КамАЗ-65225, имеет следующие технические характеристики:

- а) «максимальную скорость движения автомобиля по асфальтобетонному покрытию – 80,74 км/ч;
- б) скорость движения, при которых происходит переключение передач:
 - 1) на первой передаче 10 км/ч;
 - 2) на второй 20 км/ч;
 - 3) на третьей 32 км/ч;
 - 4) на четвёртой 52 км/ч.
- в) минимальная скорость движения автомобиля при движении на высшей передаче – 18 км/ч;
- г) время разгона до максимальной скорости – 286,15 с;
- д) путь разгона до максимальной скорости автомобиля – 3985,37 м;
- е) максимальной ускорение автомобиля при разгоне изменяется от 0,59 до 1,95 м/с² в том числе:
 - 1) на первой передаче – 1,73 м/с²;
 - 2) на второй передаче 1,95 м/с²;
 - 3) на третьей передаче 1,57 м/с²;
 - 4) на четвёртой передаче 1,07 м/с²;
 - 5) на пятой передаче 0,59 м/с².
- ж) максимальная сила тяги на крюке составляет:
 - 1) для первой передачи 50742,56 Н;
 - 2) для второй – 26150,48 Н;
 - 3) для третьей – 16224,89 Н;
 - 4) для четвёртой – 9928,1 Н,
 - 5) для пятой – 6491,21 Н.
- з) динамический фактор автомобиля изменяется – от 0,73 до 0,04 , в

том числе:

- 1) на первой передаче – 0,73;
- 2) на второй – 0,38;
- 3) на третьей – 0,23;
- 4) на четвёртой – 0,14;
- 5) на пятой – 0,08» [8].

2.3 Выбор автомобиля для модернизации

В качестве автомобиля для модернизации выбираем седельный тягач КамАЗ-65225 с техническими характеристиками (рисунок 9). Спецификация на автомобиль представлена в Приложении А (рисунок А.1).

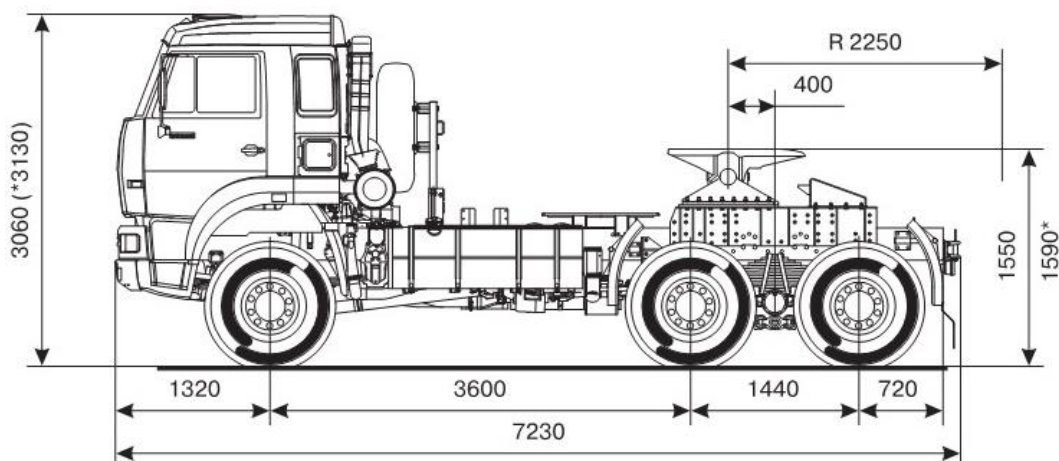


Рисунок 9 – Габаритные размеры автомобиля КамАЗ-65225

Техническая характеристика:

- а) «снаряженная масса, кг 11150;
- б) нагрузка на переднюю ось, кг 5950;
- в) полная масса, кг 28300;
- г) нагрузка на заднюю ось, кг 21400;
- д) полная масса автопоезда, кг 59300;
- е) снаряженная масса кг 5200;
- ж) полная масса, кг 6900;

- з) тип двигателя дизельный с турбонаддувом, с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха;
- и) максимальная мощность двигателя, кВт (л.с.) 265 (360);
- к) максимальный крутящий момент, Н·м (кг·см) 1570 (160);
- л) расположение и число цилиндров V-образное, 8;
- м) рабочий объём, л 11,76;
- н) коробка передач механическая, ZF 16S 151;
- о) тип КПП
- п) передаточные числа на передачах:
 - 1) первая – от 13,80 до 11,54;
 - 2) вторая – от 9,49 до 7,93;
 - 3) третья – от 6,53 до 5,46;
 - 4) четвертая – от 4,57 до 3,82;
 - 5) пятая – от 3,02 до 2,53;
 - 6) шестая – от 2,08 до 1,74;
 - 7) задний ход – от 12,92 до 10,80.
- р) тип колес дисковые;
- с) тип шин пневматические, камерные;
- т) размер шин 12.00 R20 (320 R508);
- у) скорость максимальная, км/ч 80;
- ф) внешний габаритный радиус поворота, м 11,50» [6].

2.4 Определение места установки ретардера

Анализ конструктивных особенностей имеющихся в продаже ретардеров, а в частности по месту их расположению, позволил нам без затруднения определиться с его местоположением.

В данной конструкции мы будем использовать вторичный ретардер (то есть он будет установлен после коробки передач).

Со схемой расположения ретардера можно ознакомиться на рисунке 10.

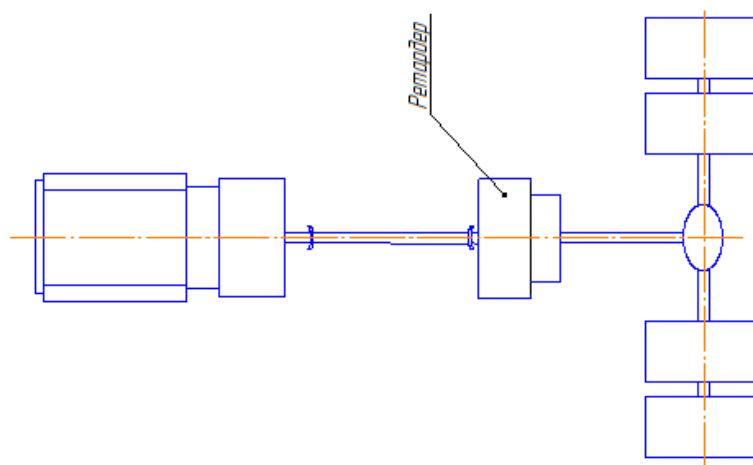
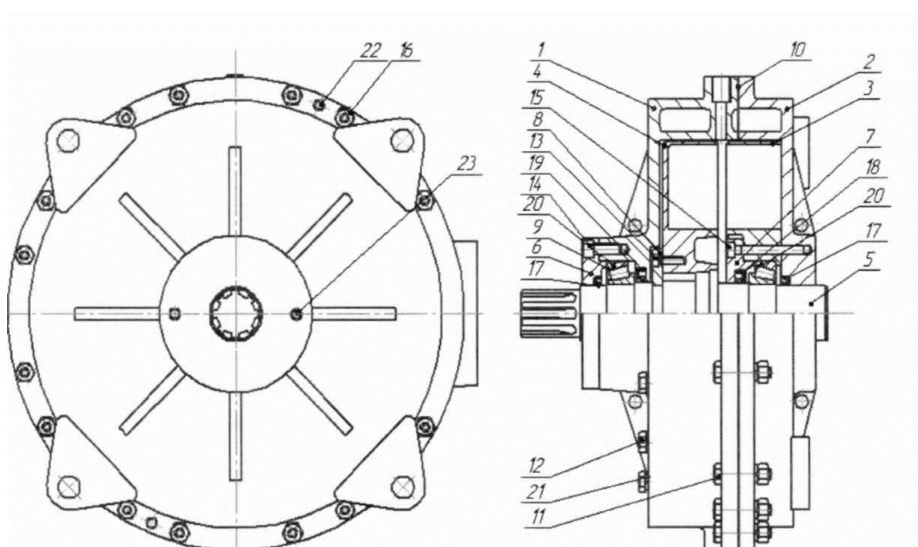


Рисунок 10 – Схема расположения ретардера

2.5 Разработка конструкции вторичного ретардера

Общий вид вторичного ретардера представлен на рисунке 11.



- 1 – корпус левый; 2 – корпус правый; 3 – неподвижное колесо турбины; 4 – подвижное колесо турбины; 5 – вал; 6, 7 – крышка подшипника; 8 – разъемная шайба; 9 – регулировочная прокладка; 10 – специальная регулировочная прокладка; 11, 12 – болты; 13, 14, 15 – винты; 16 – гайка; 17, 18, 19 – манжеты; 20 – подшипник; 21 – шайба; 22, 23 – штифты

Рисунок 11 – Общий вид проектируемого вторичного ретардера

Сборка вторичного ретардера осуществляется следующим образом: на валу 5 устанавливается крышка подшипника 7 с манжетой 17, затем устанавливается подшипник 20. Далее на вал 5 монтируется неподвижное колесо турбины 3, затем сборочная единица устанавливается в корпус 2. Неподвижное колесо турбины 3 центрируется двумя штифтами 22 и подшипником 20 и затягивается винтами 14 с моментом затяжки 5-10 Н·м. По шлицам на вал 5 устанавливается подвижное колесо турбины 4, затем устанавливается разъёмная шайба 8, которая крепится винтами 13. На корпус 2 устанавливается специальная регулировочная прокладка 10. После этого корпус 1 надевается на вал 5. Корпус 1 и корпус 2 между собой центрируются двумя штифтами 23 и закрепляются болтами 11 и 12. На вал 5 надевается манжета 18 и устанавливается подшипник 20. Спецификация на ретардера представлена в Приложении А (рисунки А.2, А.3)

2.6 Конструкторский расчёт вторичного ретардера

2.6.1 Расчёт технических характеристик и геометрических параметров ретардера

«Расчет производим с принятой скоростью движения автопоезда на спуске 5,56 м/с, при его полной массе 40,0 т, диаметр колеса 1000 мм, передаточное число редуктора 3,73» [5].

Схема для расчета представлена на рисунке 12.

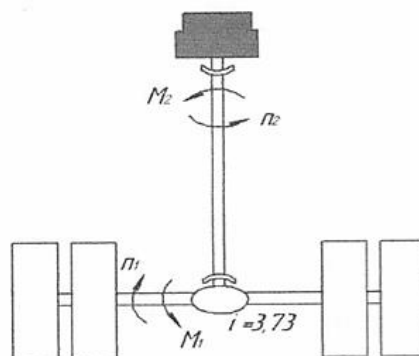


Рисунок 12 – Схема действия сил

Частота вращения полуоси заднего моста определяется по формуле:

$$n_1 = \frac{V_1 \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot d_k}, \quad (26)$$
$$n_1 = \frac{5,56 \cdot 60 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1000} = 106,24 \text{ мин}^{-1}.$$

Частота вращения кардана определяется по формуле:

$$i_{1,2} = \frac{n_2}{n_1}, \quad (27)$$
$$n_2 = n_1 \cdot i_{1,2},$$
$$n_2 = 106,24 \cdot 3,73 = 396,28 \text{ мин}^{-1}.$$

«Крутящий момент, действующий на ось заднего моста, определяется по формуле:

$$M_1 = F_K \cdot R_K, \quad (28)$$

$$F_K = G_K \cdot \sin \alpha, \quad (29)$$

где $\sin \alpha$ – максимально допустимые нормы уклонов горных дорог и серпантина в соответствие с СНиП 2.05.02-85 [4], принимается равным 0,1» [8].

$$F_K = 115000 \cdot 0,1 = 115000 \text{ Н},$$

$$M_1 = 115000 \cdot 0,5 = 57500 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Силы, действующие на ось заднего моста представлены на рисунке 13.

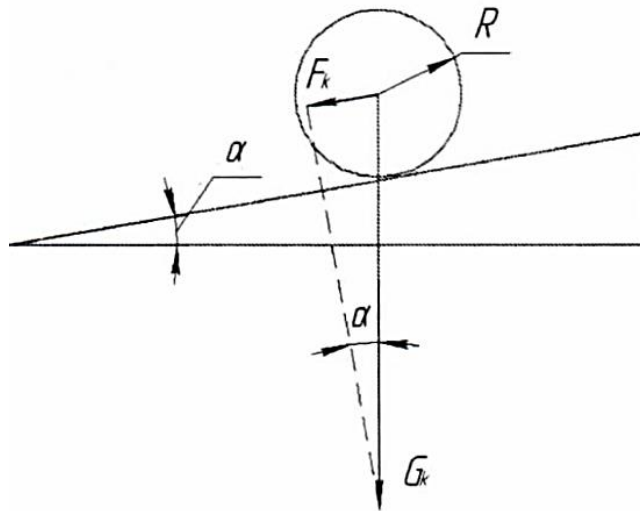


Рисунок 13 – Схема действия сил на ось заднего моста

Крутящий момент, действующий на карданный вал определяется по формуле:

$$M_2 = \frac{M_1}{i}, \quad (30)$$

$$M_2 = \frac{5750}{3,73} = 1541,55 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

«Диаметр подвижного и неподвижного турбинных колес определяется по формуле:

$$D = \sqrt[5]{\frac{M_2}{\lambda_M \cdot \rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot n_2}{30}\right)^2}}, \quad (31)$$

где λ_M – безразмерная характеристика ретардера [11];

ρ – плотность масла ATF GM Dexron II, принимается равной 834 кг/м³» [10].

Безразмерная характеристика гидравлического ретардера представлена на рисунке 14.

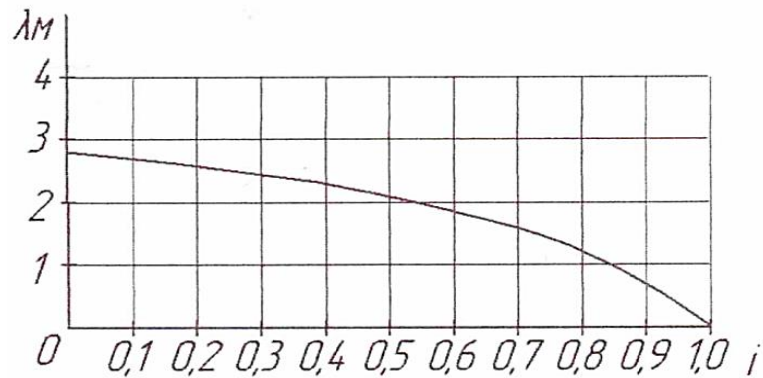


Рисунок 14 – Безразмерная характеристика гидравлического ретардера

$$D = \sqrt[5]{\frac{1541,55}{2,8 \cdot 834 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 396,28}{30}\right)^2}} = 0,292 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр подвижного и неподвижного турбинных колес равным 300 мм.

Рассчитываем мощность в процессе торможения:

$$N_{\text{торм}} = M_2 \cdot \frac{\pi \cdot n_2}{30}, \quad (32)$$

$$N_{\text{торм}} = 1541,55 \cdot \frac{3,14 \cdot 396,28}{30} = 63,9 \text{ кВт.}$$

«Дополнительная нагрузка на систему охлаждения двигателя определяется по формуле:

$$N_{\text{доп.охл}} = \frac{N_{\text{двиг}}}{\eta}, \quad (33)$$

где $N_{\text{двиг}}$ – мощность двигателя автомобиля, для данного тягача КамАЗ принимается равной 265 кВт;

η – коэффициент полезного действия двигателя автомобиля, принимается равным 30%» [17].

$$N_{доп.охл} = \frac{265}{0,3} = 883,3 \text{ кВт.}$$

Определяем процентное отношение мощности в процессе торможения, полученной в формуле (32) к дополнительной нагрузке на систему охлаждения, полученной в формуле (33):

$$\Delta N_{доп} = \frac{N_{торм}}{N_{доп.охл.}} \cdot 100\%, \quad (34)$$

$$\Delta N_{доп} = \frac{63,9}{883,3} \cdot 100\% = 7,2\%.$$

Учитывая незначительный процент дополнительной нагрузки на систему охлаждения автомобиля, установка дополнительного радиатора для охлаждения тормоза-замедлителя не требуется.

2.6.2 Расчёт лопатки турбинного колеса на прочность

Лопатки изготовлены из сплава АК9, имеющего согласно справочным данным [12] предел прочности равный 157 МПа.

Лопатки турбинного колеса подвержены действию центробежной силы и распределенной по поверхности лопатки силы давления масла (рисунок 15).

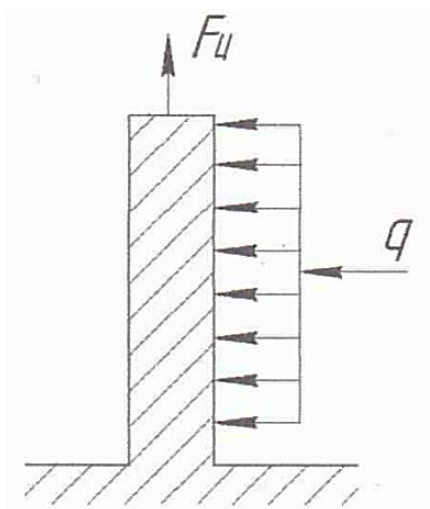


Рисунок 15 – Схема действия сил на лопатку турбинного колеса

Представляем распределенную силу q как сосредоточенную F_M , и прикладываем ее в центр лопатки турбинного колеса (рисунок 16).

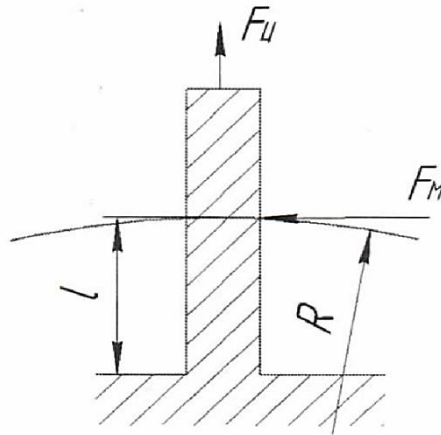


Рисунок 16 – Схема действия сил на лопатку турбинного колеса

«Центробежная сила определяется по формуле:

$$F_n = \frac{m \cdot v^2}{R}, \quad (35)$$

где m – масса лопатки, кг, принимается равной 0,05 кг;

R – расстояние от оси вращения до точки приложения силы, принимается равным 0,11 м;

v – скорость вращения турбинного колеса, м/с.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n_2}{60}, \quad (36)$$

где n_2 – частота вращения турбинного колеса, мин⁻¹» [9].

$$v = \frac{3,14 \cdot 0,22 \cdot 396,28}{60} = 4,56 \text{ м/с},$$

$$F_n = \frac{0,05 \cdot 4,56^2}{60} = 9,45 \text{ Н.}$$

«Сосредоточенная сила, приложенная к центру лопатки, определяется по формуле:

$$F_M = \frac{M_2}{R \cdot Z}, \quad (37)$$

где Z – число турбинного колеса, принимается равным 30» [9].

$$F_M = \frac{1541,55}{0,11 \cdot 30} = 467,1 \text{ Н.}$$

«Изгибающий момент определяется по формуле:

$$M_u = F_M \cdot l, \quad (38)$$

где l – расстояние от поверхности крепления лопатки турбинного колеса до точки приложения силы, принимается равным 0,037 м» [9].

$$M_u = 467,1 \cdot 0,037 = 17,3 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Выполняем построение эпюр силы и изгибающего момента (рисунок 17).

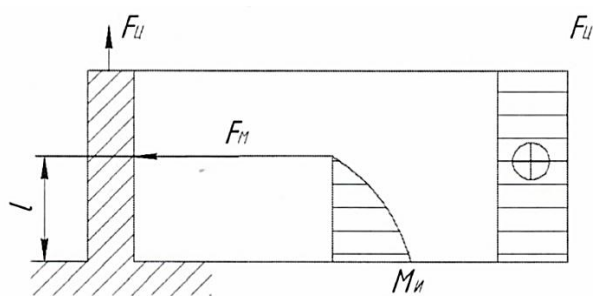


Рисунок 17 – Эпюры момента и центробежной силы

«Находим предел прочности лопатки турбинного колеса по формуле:

$$\sigma = \frac{F_n}{A} + \frac{M_u}{W_x}, \quad (39)$$

где A – площадь сечения лопатки (рисунок 18);

W_x – осевой момент сопротивления» [9].

$$W_x = \frac{b \cdot t^2}{6}. \quad (40)$$

$$A = 0,046 \cdot 0,006 = 2,76 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2,$$

$$W_x = \frac{0,046 \cdot 0,006^2}{6} = 2,76 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2,$$

$$\sigma = \frac{9,45}{2,76 \cdot 10^{-4}} + \frac{17,3}{2,76 \cdot 10^{-7}} = 62,7 \text{ МПа}.$$

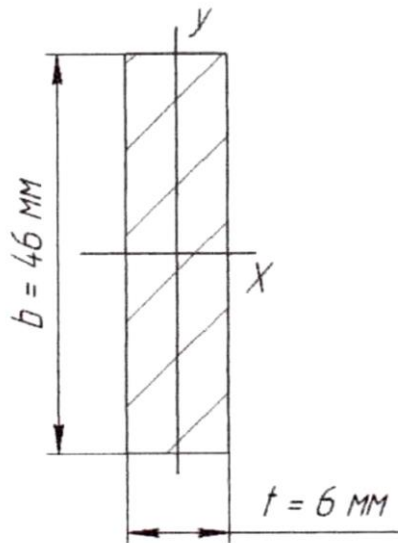


Рисунок 18 – Размеры сечения лопатки турбинного колеса

Выполняем сравнение допускаемого предела прочности лопатки турбинного колеса с расчетным пределом прочности:

$$[\sigma] \geq \sigma, \quad (41)$$

$[157] \text{ МПа} \geq 62,7 \text{ МПа}$ – условие прочности выполняется

2.6.3 Расчёт вала ретардера на прочность

«При подаче масла в ретардер между вращающимся турбинным колесом и неподвижным турбинным колесом происходит столкновение с лопатками, образуется завихрение жидкости, которое создаёт тормозной момент и осевую силу, стремящуюся раздвинуть турбинные колеса друг от друга. Вследствие завихрения жидкости осевая сила на одном турбинном колесе компенсируется осевой силой на втором, из этого следует, что осевая сила, стремящаяся сдвинуть вал настолько мала, что её не учитываем, следовательно на растяжение вал рассчитывать не нужно» [11].

«Рассчитываем вал на сопротивление кручению:

$$\tau = \frac{M_{\text{торм}}}{W_p} \leq [\tau], \quad (42)$$

где $M_{\text{торм}}$ – тормозной момент на валу 2;

W_p – полярный момент, м³» [12].

$$W_p = 0,2 \cdot d^3, \quad (43)$$

d – диаметр наименьшей ступени вала, принимается равным 0,048 м.

$$W_p = 0,2 \cdot 0,048^3 = 2,21 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

$$\tau = \frac{1541,55}{2,21 \cdot 10^{-5}} = 69,81 \text{ МПа.}$$

Рассчитываем допустимые касательные напряжения:

$$[\tau] = \frac{\tau_{-1}}{K_\tau \cdot S}, \quad (44)$$

τ_{-1} – предел выносливости при кручении,

$$\tau_{-1} = 0,28 \cdot \sigma_B, \quad (45)$$

где σ_B – допускаемое напряжение, для Стали 40Х принимается равным 980 МПа [12].

$$\tau_{-1} = 0,28 \cdot 980 = 274,4 \text{ МПа.}$$

$$[\tau] = \frac{274,4}{1,58 \cdot 1,5} = 115,78 \text{ МПа.}$$

$$[\tau] \geq \tau, \quad (46)$$

$[115,78] > 69,8$ – условие выполняется.

2.6.4 Расчёт на смятие наружного шлицевого соединения

«Предполагается, что напряжения располагаются равномерно по длине и высоте зуба, поэтому расчет на смятие шлицевого соединения, на которое устанавливается подвижное турбинное колесо, производится упрощенно.

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot M_2}{d_{cp} \cdot z \cdot h \cdot l \cdot K_3} \leq [\sigma]_{см}, \quad (47)$$

где d_{cp} – средний диаметр, м;

$$d_{cp} = h \cdot z, \quad (48)$$

h – высота зуба шлица, м;

z – число зубьев;

l – рабочая длина зуба, м;

K_3 – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между зубьями, принимается равным 0,8;

$[\sigma]_{см}$ – допускаемое напряжение на смятие, МПа» [13].

Все геометрические параметры берем с чертежа вала:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 1541,55}{0,005 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 0,005 \cdot 0,04 \cdot 0,8} = 60,21 \text{ МПа.}$$

Допускаемое напряжение на смятие выбираем по таблице [13]:
 $[\sigma]_{см} = 100 \text{ МПа.}$

Выполняем сравнение расчетного напряжения на смятие и допускаемого:

$$[\sigma]_{см} \geq \sigma_{см}, \quad (49)$$

$$[60,2] \text{ МПа} \leq 100 \text{ МПа} \text{ – условие выполняется.}$$

2.6.5 Расчёт на смятие внутреннего шлицевого соединения

«Предполагаем, что напряжения располагаются равномерно по длине и высоте зуба, поэтому расчет на смятие внутреннего шлицевого соединения, в которое заводится выходной вал из коробки переключения передач, производим упрощенно» [13].

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot M_{\max}}{d_{cp} \cdot z \cdot h \cdot l \cdot K_3} \leq [\sigma]_{см}, \quad (50)$$

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 2000}{0,003 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 0,003 \cdot 0,046 \cdot 0,8} = 88,71 \text{ МПа.}$$

Допускаемое напряжение на смятие выбираем по таблице [13]:
 $[\sigma]_{см} = 100 \text{ МПа.}$

Выполняем сравнение расчетного напряжения на смятие и допускаемого по формуле (49):

$$[\sigma]_{см} \geq \sigma_{см},$$

$$[88,7] \text{ МПа} \leq 100 \text{ МПа} \text{ – условие выполняется.}$$

Выводы по разделу.

В конструкторском разделе работы был проведен обзор конструктивных схем и конструктивных особенностей ретардеров, приведены преимущества и недостатки каждого из них.

Также был проведен тягово-динамический расчет автомобиля с построением соответствующих графиков (внешняя скоростная характеристика, тяговых качеств, ускорения, пути и времени разгона).

Дополнительно был выбран автомобиль для модернизации (КАМАЗ-65225), после чего определено место размещения ретардера и проведена разработка конструкции.

Для того чтобы конструкция отвечала техническим требованиям основные узлы и нагруженные детали проверены на прочностной расчёт.

3 Разработка технологии технического обслуживания и ремонта тормоза-замедлителя

3.1 Операционно-технологическая карта

«Технологический процесс технического обслуживания представляет собой совокупность операций по соответствующим воздействиям, которые выполняются в определенной последовательности с помощью различного инструмента, приспособлений и других средств механизации с соблюдением технических требований (технических условий).

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» [19, 20].

«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)» [20].

3.2 Технологическая карта сборки акваретардера

В связи с ограничением объема пояснительной записки операционно-технологическая карта сборки акваретардера вынесена на отдельный графический лист (А1) на основании которого были сделаны следующие выводы:

- исполнитель: 1 слесарь 3 разряда,
- общая трудоемкость: 1,18 чел.ч.

Выводы по разделу.

В ходе выполнения раздела была разработана технология технического обслуживания и ремонта тормоза-замедлителя, а также составлена операционно-технологическая карта и технологическая карта сборки, разработанного акваретардера.

4 Производственная и экологическая безопасность проекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики сборки акваретардера

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.

Сокращение числа профессиональных заболеваний, контролируя возрастные пороги ограничений, перемещая персонал по смежным профессиям, согласно графику, информированность персонала и разбор причин повлекших аварию, развитие профессиональной (легкий труд), и медицинской реабилитации пострадавших на производстве, первоочередные задачи руководства предприятием и правительства страны, в целом.

Безопасность жизнедеятельности, это основа всех аспектов безопасности (пожарная безопасность, безопасность на воде, безопасность при общении с электричеством, экономическая безопасность, безопасность труда и так далее). Изучение и систематизация окружающих нас

потенциальных опасностей формирует рефлекторно безопасное поведение, общую грамотность в вопросе безопасности, привычку к безопасному поведению.

Дальнейшее развитие данного вопроса, призвано изменить отношение руководителей разного звена и исполнителей, к требованиям и рекомендациям охраны труда, сохраняющей нам жизнь и здоровье. В автомобильном транспорте данная проблема весьма актуальна, так как автомобиль сам по себе является транспортным средством повышенной опасности. Обслуживание же и ремонт автомобиля так же требуют концентрации внимания на технике безопасности.

«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» [28].

Паспорт безопасности на сборку акваретардера представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Паспорт безопасности на сборку акваретардера

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
Сборка акваретардера	1 Установка корпуса ретардера в приспособление. 2 Выполнение сборочных операций согласно технологической карты сборки ретардера (графический лист А1 дипломного проекта). 3 Снятие собранного ретардера с приспособления	Слесарь-сборщик механических машин	Приспособление для сборки. Ключи по размеру крепежных элементов: – рожковые; – накидные; – с трещоткой; – шестигранные. Молоток, оправка	Защитные хлопчатобумажные перчатки, спецодежда, спецобувь

4.2 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.

Проведем идентификацию профессиональных рисков при сборке акваретардера и сведем в таблицу 9.

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
1 Установка корпуса ретардера в приспособление. 2 Выполнение сборочных операций согласно технологической карты. 3 Снятие собранного ретардера с приспособления	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты для сборки
	«Повышенный уровень шума	Электрический инструмент, технологическое оборудование на участке
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта
	Возможность поражения электрическим током	Электрический инструмент, технологическое оборудование на участке
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон и источников света в производственном помещении» [29].
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции при сборке/испытании
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	

4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков

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.

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 (гигиенических 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 (далее – Перечень)

устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. Перечень утвержден Приказом Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 № 181н» [26].

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» [26];
- 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].

Выполним анализ О и ВПФ технологического процесса сборки акваретардера и предложим мероприятия по снижению профессиональных рисков (таблица 10).

Таблица 10 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	<p>Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания.</p> <p>Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией</p> <p>Санитарно-гигиенические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015 <p>обеспечение дистанционного управления оборудованием» [24]</p>	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)</p>
«Повышенный уровень шума	<p>«Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров</p>	<p>Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [27].</p>
«Возможность поражения электрическим током	<p>Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства</p>	<p>Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [27]</p>
«Отсутствие или недостаток естественного света	<p>Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [14]</p>	<p>–</p>

Продолжение таблицы 10

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации; <p>используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [29]</p>	–
Монотонность труда, вызывающая монотонию	<ul style="list-style-type: none"> – расширение круга обязанностей; – усложнение работы или обогащение такими функциями и обязанностями, которые способны сыграть роль стимулов для того или иного сотрудника; – руководитель должен установить режим и график работы сотрудников. <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>	

Продолжение таблицы 10

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	– обратить внимание на социальные и физические условия труда: уровень шума в помещении, цветовая гамма помещения, освещение.	–

4.4 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.

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

На рисунке 19 представлены правила по соблюдению пожарной безопасности при работе на предприятии.



Рисунок 19 – Правила пожарной безопасности

Каждый работник обязан:

- «знать и соблюдать требования правил пожарной безопасности и инструкций о мерах пожарной безопасности, действующих на предприятии;
- при приеме на работу пройти вводный противопожарный инструктаж;
- до начала самостоятельной работы пройти первичный противопожарный инструктаж на рабочем месте;
- не реже одного раза в полугодие проводить повторный противопожарный инструктаж;
- при необходимости проводить внеплановый и целевой противопожарные инструктажи;
- соблюдать меры предосторожности при использовании средств бытовой химии, газовых приборов, проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими веществами, материалами;
- при возникновении пожара немедленно сообщить об этом в пожарную охрану, непосредственному или вышестоящему руководителю,
- принять все меры к эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей;
- при нарушениях пожарной безопасности на участке работы, использовании не по прямому назначению пожарного оборудования, указать об этом нарушителю и сообщить лицу, ответственному за пожарную безопасность» [16].

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.

Составим перечень мероприятий и требований по пожарной безопасности при сборке акваретардера (таблица 11).

Таблица 11 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при процессе сборки акваретардера

Мероприятия, способствующие предотвращению пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, результаты
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» [27].
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
«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» [18].
«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» [27].
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
«Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [27].

4.5 Экологическая безопасность технологического процесса сборки акваретардера

Проведем идентификацию экологических факторов, имеющее антропогенное воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу, процесса сборки акваретардера (таблица 12).

Таблица 12 – Идентификация экологических факторов при сборке акваретардера

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Сборка вторичного тормоза-замедлителя (акваретардера)	Мелкодисперсные частицы пыли в окружающем воздухе, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, а также в результате ее пролива, утечки, в процессе утилизации	–	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы, коммунальный мусор), металлический лом, стружка

После идентификации экологических факторов технологического процесса сборки акваретардера рассмотрим мероприятия, направленные на снижение его негативного антропогенного воздействия (таблица 13).

Таблица 13 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки акваретардера

Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки акваретардера на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
Применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена	«Контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды» [23]	Спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши. Металлический лом, стружка отправляется на переплавку. Твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и перерабатываются / сжигаются

Заключение по разделу «Производственная и экологическая безопасность проекта».

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

- разработан паспорт безопасности на технологический процесс сборки вторичного тормоза-замедлителя (акваретардера) (таблица 8);
- определены профессиональные риски при технологическом процессе сборки вторичного тормоза-замедлителя (акваретардера) (таблица 9) и пути их снижения (таблица 10);
- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе сборки вторичного тормоза-замедлителя (акваретардера) (таблицы 11, 12);
- определены мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса сборки вторичного тормоза-замедлителя (акваретардера) (таблица 13).

5 Экономическая эффективность проекта

«Рассчитаем затраты на изготовление вторичного ретардера по формуле:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{сб.н}} + C_{\text{о.н}}, \quad (51)$$

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

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

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

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

«Рассчитываем стоимость изготовления корпусных деталей по формуле:

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (52)$$

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

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

В таблице 14 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 14 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Наименование детали	Марка металла	Масса материала заготовки, кг.	Масса детали, кг.	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рамка для фиксации вторичного ретардера (труба: 40×60)	Ст3сп1 ГОСТ 535-2005	7,0	6,50	110,0	770,0
Итого:	–	–	–	–	770,0

«Рассчитываем затраты на изготовление оригинальных деталей по формуле (53):

$$C_{o.d} = C_{прн} \cdot C_M, \quad (53)$$

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

C_M – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р.

$$C_{прн} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (54)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, чел.-ч.;

C_q – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч.

Тарифную ставку считаем из расчёта минимального размера заработной платы по Самарской области на 2021 год, которая составляет 12792 р. в соответствии с законом № 82-ФЗ.

Принимаем тарифную ставку из учета минимальной заработной платы по Самарской области для первого разряда: $12792/(7 \cdot 21) = 87,02$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80.

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $87,02 \cdot 1,42 = 123,56$ р./ч.;

k_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, 1,025...1,03» [27].

В таблице 15 представлена средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 15 – Средняя трудоёмкость на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Марка металла	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Трудоёмкость изготовления одной единицы, чел.-ч.	Суммарная трудоёмкость изготовления, чел.-ч.
Вал	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1	5,50	1,50	$1,50 \cdot 1 = 1,50$
Крышка	Сталь 40Х ГОСТ 1050-88	2	2,0	1,0	$2,0 \cdot 1 = 2,0$
Корпус ретардера правый	Сплав АК8л ГОСТ15833-93	1	2,60	2,0	$2,0 \cdot 1 = 2,0$
Корпус ретардера правый	Сплав АК8л ГОСТ15833-93	1	2,60	2,0	$2,0 \cdot 1 = 2,0$
Колесо турбинное	Сплав АК9 ГОСТ1583-93	2	5,0	3,0	$3,0 \cdot 1 = 3,0$
Полукольцо	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	2	0,5	0,50	$0,50 \cdot 2 = 1,0$
Прокладка	Картон	4	0,10	0,10	$0,10 \cdot 4 = 0,40$
Итого:	–	–	–	–	11,90

$$C_{\text{ПРН}} = 11,9 \cdot 123,56 \cdot 1,03 = 661,39 \text{ р.}$$

Рассчитываем дополнительную заработную плату по формуле (55):

$$C_{\text{д}} = \frac{(5...12) \cdot C_{\text{ПРН}}}{100}, \quad (55)$$

$$C_{\text{д}} = \frac{10 \cdot 661,39}{100} = 66,14 \text{ р.}$$

Рассчитываем начисления на заработную плату по формуле (56):

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot (C_{\text{ПРН}} + C_{\text{д}})}{100} \quad (56)$$

$$C_{\text{соц}} = \frac{30 \cdot (661,39 + 66,14)}{100} = 218,26 \text{ р.},$$

$$C_{\text{осн}} = 661,39 + 66,14 + 218,26 = 945,79 \text{ р.}$$

В таблице 16 приведена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 16 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	661,39
Дополнительная заработная плата	66,14
Начисления на заработную плату	218,26
Итого:	945,79

«Рассчитываем стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей по формуле :

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (57)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг» [27].

В таблице 17 представлена стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 17 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Марка металла	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Вал	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1	5,50	155,0	852,50
Крышка	Сталь 40Х ГОСТ 1050-88	2	2,0	155,0	310,0
Корпус ретардера правый	Сплав АК8л ГОСТ15833-93	1	2,60	165,0	429,0
Корпус ретардера правый	Сплав АК8л ГОСТ15833-93	1	2,60	165,0	429,0

Продолжение таблицы 17

Наименование детали	Марка металла	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Колесо турбинное	Сплав АК9 ГОСТ1583-93	2	5,0	165,0	825,0
Полукольцо	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	2	0,5	155,0	77,50
Прокладка	Картон	4	0,10	10,0	1,0
Итого:	–	–	–	–	2924,0

$$C_M = 155 \cdot 5,5 + 155 \cdot 2 + 165 \cdot 2,6 + 165 \cdot 2,6 + \cdot 165 \cdot 5 + 155 \cdot 0,5 + 10 \cdot 0,1 = 2924 \text{ р.},$$

$$C_{O.д} = 661,39 + 66,14 + 218,26 + 2924 = 3869,79 \text{ р.}$$

Сводим затраты на изготовление оригинальных деталей в таблицу 18.

Таблица 18 – Затраты на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	661,39
Дополнительная заработная плата	66,14
Начисления на заработную плату	218,26
Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей	2924,0
Итого:	3869,79

«Расчитываем полную заработную плату производственных рабочих, занятых на сборке по формуле (58):

$$C_{СБ.П} = C_{СБ} + C_{Д.СБ} + C_{СОЦ.СБ}, \quad (58)$$

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

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

$C_{СОЦ.СБ}$ – отчисления соцстраху рабочих, р.» [27].

«Рассчитываем основную заработную плату рабочих, занятых на сборке по формуле:

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_q \cdot k_t, \quad (59)$$

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

$$T_{CB} = k_c \cdot \sum t_{c.б}, \quad (60)$$

где $t_{c.б}$ – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч., по справочным данным принимаем равным 7,95 чел.-ч.

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, принимаем равным 1,25» [27].

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 7,9 = 9,94 \text{ чел.} \cdot \text{ч.},$$

$$C_{CB} = 9,94 \cdot 53,96 \cdot 1,03 = 552,45 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 552,45 = 55,25 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (552,45 + 55,25) = 182,31 \text{ р.}$$

$$C_{сб.п} = 552,45 + 55,25 + 182,31 = 790,01 \text{ р.}$$

В таблице 19 представлен расчет полной заработной платы производственных рабочих занятых на сборке.

Таблица 19 – Полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата рабочих	552,45
Дополнительная заработная плата рабочих	55,25
Отчисления соцстраху	182,31
Итого:	790,01

«Рассчитываем общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции по формуле (61):

$$C_{OH} = \frac{C'_{PP} \cdot R_{OH}}{100}, \quad (61)$$

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

R_{OH} – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [27].

$$C'_{PP} = C_{PP} + C_{СБ.П}. \quad (62)$$

$$C'_{PP} = 661,39 + 66,14 + 552,45 + 55,25 = 1335,23 \text{ р.},$$

$$C_{OH} = \frac{1335,23 \cdot 15}{100} = 200,28 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов (подшипники, гайки, болты) представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Наименование материала	Единица измерения	Цена за единицу измерения, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Подшипники конические	шт.	2	125,0	250,0
Манжета	шт.	4	65,0	260,0
Болт	шт.	36	2,5	90,0
Шайба	шт.	14	1,5	21,0
Гайка	шт.	14	2,0	28,0
Штифт	шт.	4	6,0	24,0
Итого:	–	–	–	673,0

$$C_{п.д} = 1250 + 260 + 90 + 21 + 28 + 24 = 673 \text{ р.}$$

Сравнение будем вести с вторичным ретардером, который устанавливается на грузовые автомобили MAN.

Далее рассчитываем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости конструкторской разработки.

Рассчитываем затраты на изготовление конструкции:

$$C_{\text{кон}} = 770 + 3869,79 + 790,01 + 200,28 + 673 = 6303,08 \text{ р.}$$

Сводим затраты на изготовление конструкторской разработки вторичного ретардера в таблицу 21.

Таблица 21 – Затраты на изготовление конструкторской разработки вторичного ретардера

Обозначение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	770,0
Стоимость оригинальных деталей	3869,79
Общая заработная плата на сборку	790,01
Общепроизводственные накладные расходы	200,28
Стоимость покупных изделий	673,0
Итого:	6303,08

Стоимость проектируемого вторичного ретардера с учётом установки на автомобиль составит: $6303,08 \cdot 1,125 = 7090,97 \text{ р.}$

Итак, производим сравнение нашей конструкции вторичного ретардера стоимостью с установкой 7090,97 р. со вторичным ретардером автомобиля MAN стоимостью с установкой $7090,97 \cdot 1,125 = 7977,34 \text{ р.}$

«Рассчитываем годовую экономию от снижения себестоимости при внедрении конструкции по формуле (63):

$$\mathcal{E}_Г = (T_C - T_H) \cdot 12 \cdot C_ч + \mathcal{E}_К, \quad (63)$$

где T_C – среднемесячная трудоемкость при старой технологии, чел.-ч;

T_H – среднемесячная трудоемкость при новой технологии, чел.-ч;

$\mathcal{E}_К$ – экономия денежных средств при использовании конструкции;

12 – количество месяцев в году;

$C_ч$ – часовая ставка рабочих, отчисляемая по 4-му разряду» [27].

Экономия денежных средств достигается за счёт снижения среднемесячной трудоёмкости при применении новой технологии и как следствие снижение трудоёмкости приводит к экономии денежных средств.

$$\mathcal{E}_r = (22,84 - 21,84) \cdot 12 \cdot 123,56 + (12456 - 7977,34) = 5126 \text{ р.}$$

Рассчитываем срок окупаемости по формуле (64):

$$O_{ок} = \frac{C_{кон}}{\mathcal{E}_r}, \quad (64)$$

$$O_{ок} = \frac{7977,34}{5126,18} = 1,56 \text{ года.}$$

Рассчитываем годовой экономический эффект от внедрения конструкции по формуле (65):

$$\mathcal{E}_{эф} = \mathcal{E}_r - 0,15 \cdot C_{кон}, \quad (65)$$

$$\mathcal{E}_{эф} = 5126 - 0,15 \cdot 7977,34 = 3929,58 \text{ р.}$$

Все полученные результаты сводим в таблицу 22.

Таблица 22 – Результаты расчета

Показатель	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
1	2	3	4
Стоимость изготовления конструкции	руб.	12456,0	7977,34
Трудоёмкость при использовании конструкции	чел.-ч.	22,84	21,84
Годовая экономия от снижения при внедрении конструкции	руб.	–	5126,18
Годовой экономический эффект	руб.	–	3929,58
Срок окупаемости	год.	–	1,56

Выводы по разделу.

Анализируя расчеты, проведенные в данном разделе делаем вывод, что годовая экономия достигаемая за счёт снижения трудоёмкости на поставленные работы и за счёт меньшей стоимости разработанной конструкции вторичного ретардера составляет 5126,18 р., а срок окупаемости равен 1,56 года, что допустимо для данной конструкции.

Заключение

Дипломный проект выполнен на тему: «Повышение эффективности тормозной системы грузового автомобиля КамАЗ путем разработки тормоза-замедлителя». В начале исследований была поставлена цель – разработать тормоз-замедлитель (вторичный ретардер, который устанавливается после КПП) для автомобиля категории N3, технологию технического обслуживания и ремонта.

В результате выполнения работы было реализовано следующее:

- выполнен обзор существующих конструкций ретардеров и компоновочных схем их размещения на автомобиле, оценены достоинства и недостатки каждой из них;
- выбран автомобиль категории N3 для модернизации;
- проведен тягово-динамический расчет автомобиля с построением соответствующих графиков (внешняя скоростная характеристика, тяговых качеств, ускорения, пути и времени разгона).
- разработана структурная схема проектируемого ретардера;
- произведены основные расчёты проектируемой схемы;
- разработаны сборочный чертёж проектируемой конструкции;
- изготовлены рабочие чертежи основных деталей разработанной конструкции;
- разработаны мероприятия БЖД;
- рассчитаны технико-экономические показатели проекта;
- сделаны выводы и предложения.

Годовая экономия конструкторской разработки (вторичного ретардера) составляет 5126,18 р., экономия достигается за счёт снижения стоимости конструкции и за счёт снижения трудоёмкости с 2,0 чел.·ч. до 1,0 чел.·ч. Стоимость разработки составила 7977,34 р., стоимость аналога – 12456,0 р. Срок окупаемости капитальных вложений 1,56 года. Срок окупаемости относительно невелик.

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. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
19. Сарбаев В.И., Селиванов С.С., Коноплев В.Н., Демин Ю.Н. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – Ростов., 2004. – 448с.
20. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления : Учеб. пособие / В. И. Сметанин. - Москва : КолосС, 2003. - 230 с.
21. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.-56 с.
22. Справочник автомобилиста. Учебник для студ. учреждений проф. образования. - М.: Издательский центр “Академия”, 2004. - 480с.
23. Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.

24. Техническая эксплуатация автомобилей /Под ред. Кузнецова Е.С. – М.: Наука, 2004 – 535с.
25. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.
26. Черемисинов В.И. Расчет деталей машин. - Киров: РИО ВГСХА, 2001.-233 с.
27. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с.
28. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.
29. 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.
30. Экология транспорта : учебник. / Е.И.Павлова. - М. : Высш. шк.,, 2010. - 366, [2] с.
31. David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.
32. Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.
33. Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.
34. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
35. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.			
							Стр.	Лист		
				<i>Документация</i>						
A1			21.ДП.ПЭА.140.61.05.000.СБ	Сборочный чертеж	1					
				<i>Детали</i>						
A1	1		21.ДП.ПЭА.140.61.05.001	Корпус ретардера левый	1					
A3	2		21.ДП.ПЭА.140.61.05.002	Корпус ретардера правый	1					
A3	3		21.ДП.ПЭА.140.61.05.003	Колесо турбинное неподвижное	1					
A3	4		21.ДП.ПЭА.140.61.05.004	Колесо турбинное подвижное	1					
	5		21.ДП.ПЭА.140.61.05.005	Вал	1					
	6		21.ДП.ПЭА.140.61.05.006	Крышка подшипника	1					
A3	7		21.ДП.ПЭА.140.61.05.007	Крышка подшипника	1					
	8		21.ДП.ПЭА.140.61.05.008	Шайба разъемная	1					
	9		21.ДП.ПЭА.140.61.05.009	Прокладка регулировочная специальная	3					
	10		21.ДП.ПЭА.140.61.05.010	Прокладка специальная	1					
				<i>Стандартные изделия</i>						
		11		Болт М10-6d×45.58 ГОСТ 155 89-70	18					
		12		Болт М10-6d×110.109 ГОСТ 7798-70	12					
				Винты ГОСТ 11738-84						
		13		М6-6d×20.14Н	6					
		14		М10-6d×30.14Н	8					
		15		М10-6d×60.45Н	8					
			21.ДП.ПЭА.140.61.05.000							
Изм. №	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Ретардер			Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Тугамбаев								1
	Проб.	Галиев			ТГУ, ИМ, АТс-1601а					
	Н.контр.	Галиев								
	Утв.	Байраховский								

Копировал

Формат А4

Рисунок А.2 – Спецификация на ретардер

