

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка проекта тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308

Обучающийся

Н.С. Прач

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

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

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

доцент И.В. Дерябин

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

О.А. Головач

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

Тольятти 2022

## Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка проекта тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308».

Цель дипломного проекта – разработка проекта тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 80 страниц с приложениями.

Графическая часть содержит 10 листов формата А1, выполненных в автоматизированной системе разработки и оформления конструкторской и проектной документации КОМПАС-График. Выполненный дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию.

В первом разделе рассмотрена модификация тяговой автомобильной лебедки для автомобиля ГАЗ-3308.

Во втором разделе определены исходные данные для расчета и компоновочная схема автомобиля. Также проведен тягово-динамический расчет автомобиля и построены соответствующие графики (внешне-скоростная характеристика, динамический фактор, топливной экономичности).

В третьем разделе выполнены следующие конструкторские расчеты лебедки: червячной передачи редуктора на нагрев, троса на запас прочности, карданной передачи привода лебедки.

В четвертом разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308.

В пятом разделе рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта.

В шестом разделе определена эффективность разработки тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308 с экономической стороны.

## **Abstract**

The title of the senior thesis is: «The development of a pulling winch for the «GAZ-3308» truck».

The aim of the project is to develop the pulling winch for the «GAZ-3308» truck.

The graduation project consists of six parts, introduction and conclusion, list of references, appendices and the graphic part on 10 A1 sheets – 90 pages in total.

We start the work on designing a traction winch with the analysis of the existing modification of the pulling winch for the «GAZ-3308» truck.

Then, in the main part of senior thesis we examine the initial data for the calculation and the layout scheme of the vehicle. Also, we calculate the vehicle traction-dynamic properties and build the corresponding graphs (external-speed characteristic, dynamic factor, fuel efficiency). Next, we perform the following calculations of the pulling winch: heating calculation of the worm gear of reducer, calculation of cable safety margin, and calculation of gimbal gear of winch drive. Also, we develop the technological process for assembling the pulling winch for the «GAZ-3308» truck and we calculate the assembling labour intensity.

In the special part of the project, the attention is drawn to issues related to ensuring the safety and environmental friendliness of the project.

Finally, the analysis of the economic efficiency of the traction winch development for the «GAZ-3308» truck is presented.

Overall, the results of the work accomplished allow to reduce the metal consumption while maintaining the resource of the traction winch. In addition, replacing the winch housing from cast-iron to aluminum will reduce the weight of pulling winch and the entire vehicle.

## Содержание

Введение .....	5
1 Состояние вопроса .....	7
2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	20
3 Конструкторская часть.....	29
3.1 Расчёт лебедки.....	29
3.2 Расчет червячной передачи редуктора на нагрев .....	34
3.3 Расчет троса на запас прочности .....	37
3.4 Карданная передача привода лебедки.....	39
4 Технологический раздел .....	42
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	42
4.2 Определение трудоемкости сборки .....	44
4.3 Составление технологического процесса сборки тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308 .....	45
5 Безопасность и экологичность технического объекта .....	48
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308.....	48
5.2 Идентификация профессиональных рисков .....	49
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	50
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	56
5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ- 3308 .....	58
6 Экономическая эффективность проекта .....	61
Заключение .....	69
Список используемой литературы и используемых источников .....	70
Приложение А. Спецификация .....	77

## Введение

Автомобильная промышленность по техническому уровню и организации производства является одной из наиболее высокоразвитых, динамичных отраслей машиностроения и характеризуется массовым типом производства.

ГАЗ – это одно из крупнейших предприятий автомобильной промышленности в России, которое выпускает одновременно различные модели легковых, грузовых автомобилей, а также специальных машин. Стремление привлечь новых потребителей постоянно расширяет типаж автомобилей ГАЗ. Требования, предъявляемые к автомобилям, постоянно растут. При этом, несмотря на постоянное совершенствование дорог, автомобили повышенной проходимости остаются востребованными, используются на всех видах дорог и бездорожье.

Автомобили этого типа постоянно совершенствуются:

- увеличивается число моделей с полным приводом,
- разработаны шины со специальным рисунком протектора,
- растет мощность двигателя,
- улучшается трансмиссия за счет введения самоблокирующихся дифференциалов, а также дифференциалов с принудительной блокировкой.

Главным фактором повышения проходимости автомобиля является использование лебедки.

Если раньше лебедки устанавливались, прежде всего, на армейские автомобили, то в последнее время лебедка стала одним из основных атрибутов и других полноприводных автомобилей повышенной проходимости.

Основными у автомобилей являются механические лебедки, являющиеся наиболее надежными. Несомненным плюсом механических

лебёдок является то, что скоростью намотки троса и силой натяжения можно управлять (прямая зависимость от оборотов двигателя).

Привод осуществляется через специальную коробку отбора мощности, которая устанавливается на коробку перемены передач или раздаточную коробку. Люки под отбор мощности (у коробок передач) с положением в них шестерни отбора стандартизированы. Разработка лебедок должна выполняться в полном соответствии с ОСТ 37.001.090 «Лебедки автомобильные. Технические требования».

Таким образом представляется интересной разработка конструкции тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308.

## 1 Состояние вопроса

Тяговые лебедки, предназначенные для повышения проходимости автомобиля, являются специфичным автомобильным агрегатом. Их специфика определяется как самим назначением (эпизодическое пользование с потребным ресурсом не более 10 часов суммарного времени эксплуатации), так и определенной автономией по отношению к другим узлам и агрегатам (не влияет ни на тяговую, ни на динамическую, ни на большинство других характеристик автомобиля). И если первая особенность заставляет допускать значительные нагрузки в зацеплении редуктора, не позволяя по экономическим соображениям увеличивать его габариты, то вторая – открывает хорошие, но пока практически нереализуемые возможности широкой унификации лебедок. Указанная задача может быть решена разработкой типоразмерного ряда, а первым шагом в этом направлении явилась стандартизация технических требований к лебедкам, заложенная в одноименном отраслевом стандарте автомобилестроения. К числу основных параметров регламентируемых ОСТом [12] относятся:

- предельное тяговое усилие на тросе (основная техническая характеристика лебедки) и главный критерий использования агрегата на автомобиле – отношение этого усилия к полной массе автомобиля (удельная тяговая сила). Последний параметр назначается дифференцированно в зависимости от опорно-сцепной характеристики автомобиля (количество ведущих осей);
- тип лебедок. Горизонтальные, однобарабанные;
- длина троса. Установлена одинаковой для каждого вида расположения лебедок (впереди, сзади и в середине рамы);
- удельная масса агрегата (отношение сухой массы лебедки без троса к предельному тяговому усилию). Показатель введен впервые и должен показать степень конструктивного совершенства агрегата. В настоящее время различается в широких пределах у разных заводов.

- тип лебедки – червячный;
- вид передачи – глобоидная модифицированная с первоначальной локализацией пятна контакта в зацеплении (ГОСТ 17696).

Параметр является определяющим для работоспособности редуктора. Вместе с тем, лебедки автомобилей КраЗ оснащаются морально устаревшим червячным цилиндрическим зацеплением; УРАЛ и КамАЗ – глобоидными передачами непрогрессивного классического зацепления с завалами витков червяка; ЗИЛ перешел на модифицированное, но только в части винтовой линии витка червяка, оставив классическим червячное колесо, что по современным представлениям также нельзя признать удовлетворительным. Специальное исследование, проведенное на ГАЗе позволило рекомендовать и внедрить в производство новый вид глобоидного зацепления (а.с. 203409), разработанный в стране и запатентованный СССР в передовых зарубежных странах. Преимущества этого зацепления применительно к редуктору лебедки, дали возможность Горьковскому автозаводу получить значительный технико-экономический эффект: включая повышение к.п.д., снижение износа и сокращение нагрева, ограничивающего продолжительность непрерывной работы лебедки. Заметим, что отработанные при испытаниях на ГАЗе параметры зацепления включены в общетехнический ГОСТ 17696 и регламентируются ОСТом для глобоидных редукторов лебедок [3].

К числу других стандартизируемых параметров отнесены: минимальная суммарная протяженность подтягивания, его время, ресурс лебедки, требования к укладке троса, запасу его прочности, смазочному маслу, предохранительному устройству, присоединительным размерам, конструктивной унификации и ряд других.

Проведем анализ автомобильных тяговых лебедок отечественного производства, которые были разработаны до введения отраслевого стандарта.

На автомобиле ГАЗ–66–02 лебедка (рисунок 1) смонтирована на двух угольниках в передней части рамы и состоит из барабана с муфтой включения и червячного редуктора (передаточное число 24), заключенного в



картер, с автоматическим тормозом. Привод лебедки осуществляется двумя карданными валами от коробки отбора мощности. Рабочая длина троса 48 м, диаметр 13 мм. Максимальное тяговое усилие на тросе ограничивается предохранительным пальцем, установленном на переднем карданном валу привода лебедки. Предохранительный штифт срезается при усилии на тросе 4500 кгс. Удельная тяговая сила – 0,48 кгс/кг. Время подтягивания на рабочую длину троса – 2,5 мин. Количество циклов непрерывного подтягивания до допускаемой температуры 120°...130°С при предельной тяговой силе на крюке лебедки – 3. Удельная масса лебедки – 19,2 г/кгс.

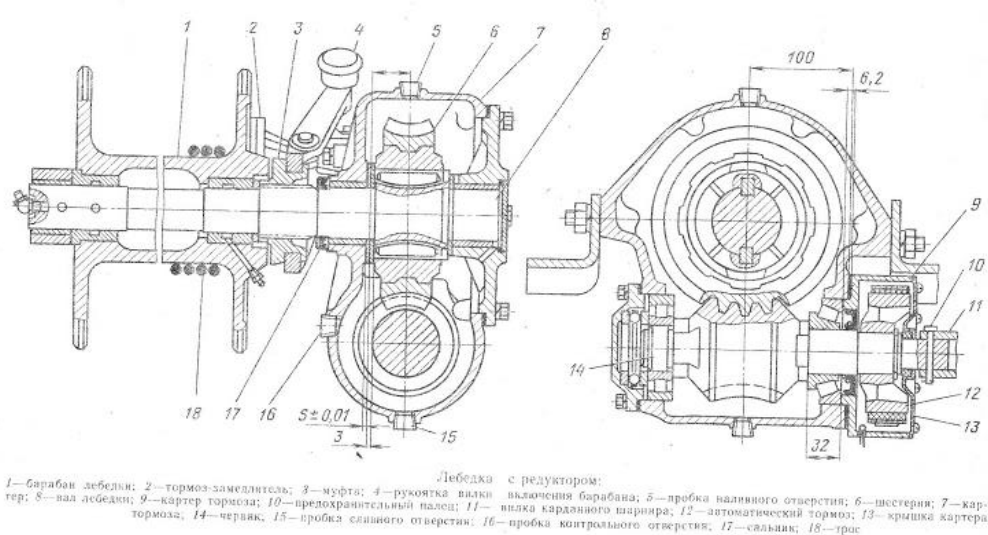


Рисунок 1 – Лебедка автомобиля ГАЗ–66–02

На автомобиле ЗИЛ–131 приводная лебедка (рисунок 2) смонтирована на специальных кронштейнах на передней части рамы. Барабан лебедки приводится в действие с помощью червячной передачи, включающей червяк и червячное колесо, которые установлены в картере на подшипниках (передаточное число 31). Вращение к червяку передается от коробки отбора мощности через карданную передачу. Рабочая длина троса 65 м.

Максимальное тяговое усилие на тросе, равное 5000 кгс, ограничивается предохранительным штифтом.

Технические данные сведем в таблицу 1 «Технические показатели лебедок».

В таблицу также вынесены следующие показатели:

- удельная тяговая сила,
- полная длина троса,
- время подтягивания на рабочую длину троса,
- количество циклов непрерывных подтягиваний до допустимой температуры нагрева масла  $120^{\circ}\dots 130^{\circ}\text{C}$  при предельной силе тяги на крюке лебедки,
- удельная масса лебедки [11].

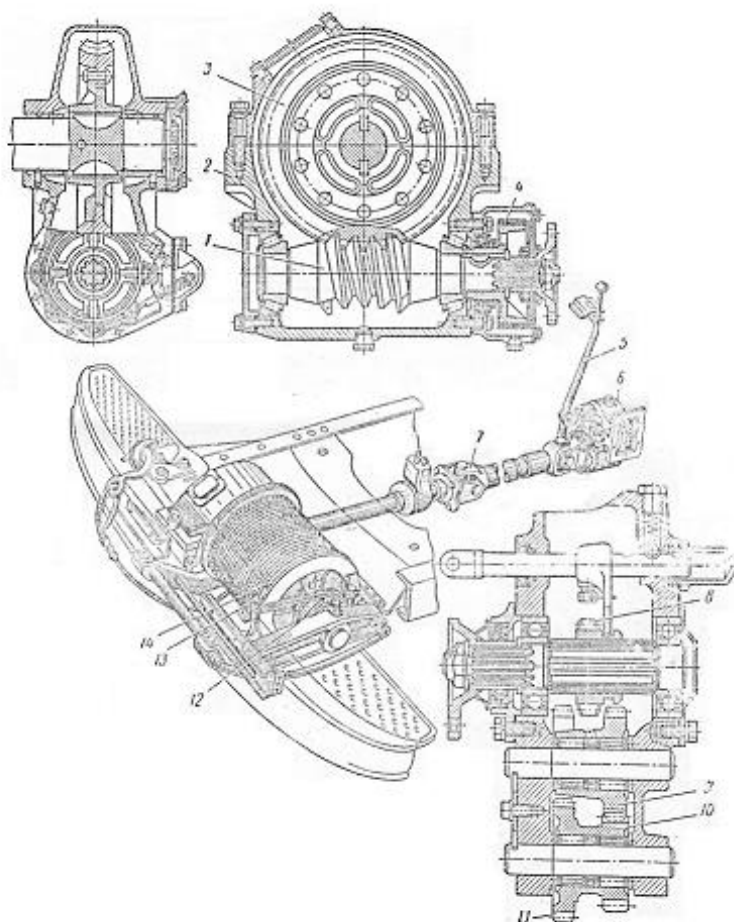


Рисунок 2 – Лебедка автомобиля ЗИЛ–131

На автомобиле Урал–375Д приводная лебедка (рисунок 3) установлена на специальной поперечине и двух кронштейнах, укрепленных в задней части рамы автомобиля. Лебедка оборудована механизмом, обеспечивающим равномерную намотку троса на барабан (тросоукладчиком) и автоматическим тормозом.

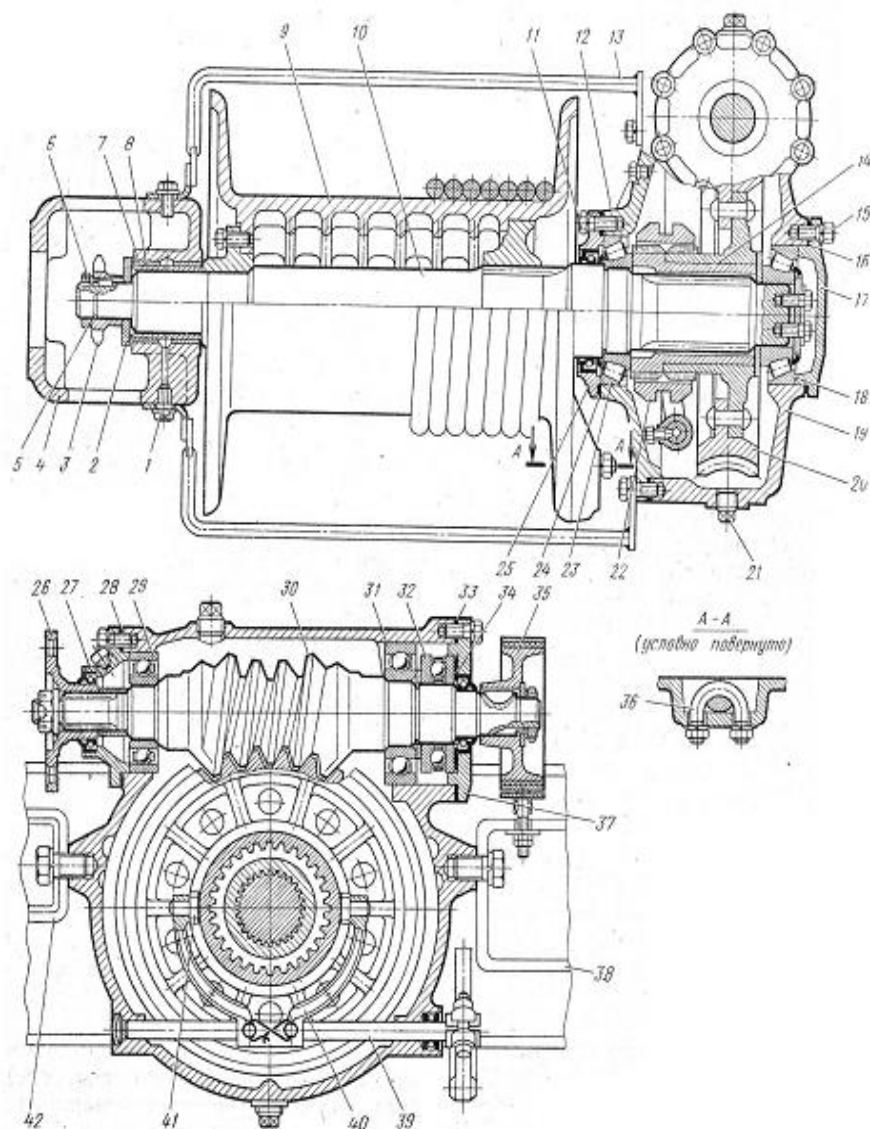


Рисунок 3 – Лебедка автомобиля Урал–375Д

Рабочая длина троса 65 м, диаметр 17,5 мм. Максимальное тяговое усилие на тросе ограничивается предохранительным штифтом,

установленном на переднем карданном валу привода лебедки. Предохранительный штифт срезается при усилии на тросе 7000...9000 кгс. Привод лебедки осуществляется от раздаточной коробки через дополнительную коробку отбора мощности и три карданных вала. Передаточное число редуктора лебедки 31.

Технические данные сведем в таблицу 1 «Технические показатели лебедок».

В таблицу также вынесены следующие показатели:

- удельная тяговая сила;
- полная длина троса;
- время подтягивания на рабочую длину троса;
- количество циклов непрерывных подтягиваний до допускаемой температуры нагрева масла 120°...130°С при предельной силе тяги на крюке лебедки;
- удельная масса лебедки;
- тип зацепления редуктора лебедки [14].

На автомобиле КрАЗ–255Б лебедка установлена на верхних полках лонжеронов рамы автомобиля за кабиной. Трос может выдаваться назад и вперед с помощью тросовыдающих устройств. Лебедка используется для самовытаскивания автомобиля при преодолении труднопроходимых участков пути, вытаскивания других застрявших автомобилей и для облегчения погрузки тяжелых грузов на прицеп.

Лебедка с тяговым усилием 12000 кгс и тросом диаметром 22 мм рабочей длиной 55 м располагается под грузовой платформой. Привод лебедки осуществляется карданным валом от коробки отбора мощности. Передаточное число редуктора лебедки 30.

Технические данные сведем в таблицу 1 «Технические показатели лебедок».

В таблицу также вынесены следующие показатели:

- удельная тяговая сила;

- полная длина троса;
- время подтягивания на рабочую длину троса;
- количество циклов непрерывных подтягиваний до допускаемой температуры нагрева масла 120°...130°С при предельной силе тяги на крюке лебедки;
- удельная масса лебедки;
- тип зацепления редуктора лебедки [7].

На автомобиле КамАЗ–4310 лебедка (рисунок 4) установлена на двух поперечинах и двух кронштейнах в задней части рамы автомобиля. Привод лебедки осуществляется тремя карданными валами от вала коробки отбора мощности раздаточной коробки. На заднем карданном валу для предохранения деталей от перегрузки установлен срезающийся предохранительный штифт. Лебедка оборудована автоматическим тормозом и тросоукладчиком. Передаточное число редуктора лебедки 31.

Рабочая длина троса при выдаче назад 95 м (при выдаче вперед 88 м); максимальное тяговое усилие при выдаче троса вперед 3500 кгс, назад – 5000 кгс, с применением блока – 7000 кгс и 10000 кгс соответственно.

Технические данные сведем в таблицу 1 «Технические показатели лебедок».

В таблицу также вынесены следующие показатели:

- удельная тяговая сила;
- полная длина троса;
- время подтягивания на рабочую длину троса;
- количество циклов непрерывных подтягиваний до допускаемой температуры нагрева масла 120°...130°С при предельной силе тяги на крюке лебедки;
- удельная масса лебедки;
- тип зацепления редуктора лебедки [24].

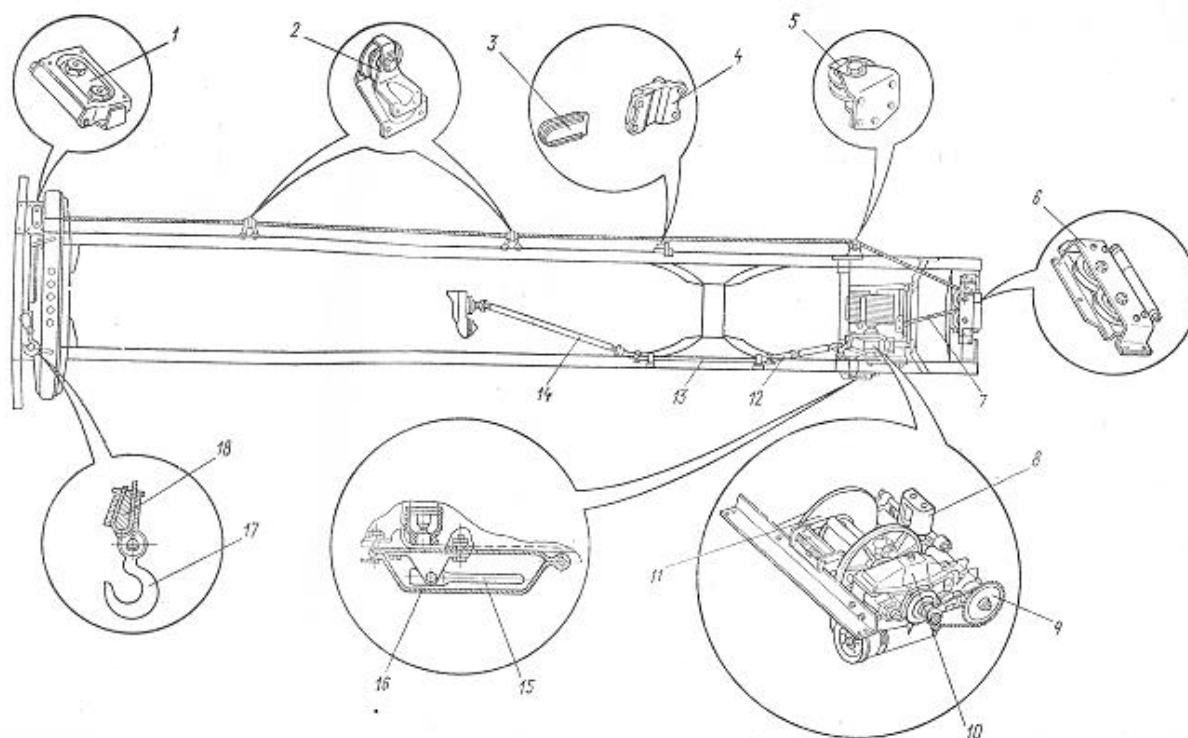


Рисунок 4 – Лебедка автомобиля КамАЗ–4310

Таблица 1 – Технические показатели лебедок

Наименование	Модель автомобиля и его колесная формула						
	ГАЗ-66-02 4×4	ЗИЛ-131 6×6	УРАЛ-375Д 6×6	КРАЗ-255Б 6×6	КАМАЗ-4310 6×6	Регламентировано ОСТ	
Предельная сила тяги на крюке лебедки $R_{пр}$ , кгс	4500	5000	7000	12000	5000	-	
Полный вес автомобиля $G$ , кг	5970	10425	13200	19675	13625	-	
Удельная тяговая сила $\frac{R_{пр}}{G}$ , $\frac{кгс}{кг}$	0,75	0,48	0,53	0,61	0,367	0,6 для 4×4 0,5 для 6×6	
Длина троса, м	Полная	50	72	70,5	65	85	-
	Рабочая	48	65	65	55	78	60;65;70
Коэффициент запаса прочности троса	1,96	2,0	нет данных	2,59	2,42	не менее 2	
Отношение диаметра барабана к диаметру троса	7,85	10	11,42	6,8	9,28	не менее 8	

Продолжение таблицы 1

Наименование	Модель автомобиля и его колесная формула					
	ГАЗ-66-02 4×4	ЗИЛ-131 6×6	УРАЛ-375Д 6×6	КРАЗ-255Б 6×6	КАМАЗ-4310 6×6	Регламент ировано ОСТ
Время подтягивания, мин	2,5	7,1	8,25	4,0	нет данных	-
	2,5	5,45	6,35	3,64	нет данных	не более 5
Количество циклов непрерывных подтягиваний до допустимой температуры нагрева масла 120°...130°С при Рпр	3	1	3	1,5...2	нет данных	не менее 100 м
Тип зацепления редуктора лебедки	Глобоидное модифицированное с первоначальной локализацией контакта	Глобоидное с модифицированным червяком	Глобоидное классическое с завалами	Червячное цилиндрическое	Глобоидное классическое с завалами	Глобоидное модифицированное по ГОСТ 17696-72
Передаточное отношение редуктора	24:1	31:1	31:1	30:1	31:1	-
Межосевое расстояние передачи, мм	122,5	150	180	195	150	-
Материал венца червячного колеса	Высокооловянистая бронза специального химического состава заводов					
Масса лебедки, кг	120	180	360	412	нет данных	-
Без троса и направляющего устройства, кг	86	125	160	274	115	-

После принятия ОСТ 37.001.090–79 на смену автомобилей ГАЗ–66 -02, ЗИЛ–131, УРАЛ–375Д, КРАЗ–255Б, КАМАЗ–4310 пришли автомобили ГАЗ–3308, ЗИЛ–131Н, УРАЛ–4320, КРАЗ–5131, КАМАЗ–4320 соответственно, большинство узлов в которых были вновь разработанными, а некоторые

«достались» от предшественников. При этом на всех автомобилях конструкция лебедки не была изменена, и, к сожалению, не унифицирована типовым рядом. Поэтому остается возможность унификации механических тяговых лебедок для всех отечественных заводов автомобилей повышенной проходимости.

Из приведенной таблицы, в которую включены и некоторые другие данные лебедок видно, что конструкция и параметры лебедок большинства отечественных автомобилей имеют:

- завышенную металлоемкость,
- излишний запас прочности деталей,
- не реализуемую возможность повышения работоспособности и так далее и могут быть значительно усовершенствованы (если их выполнить по требованиям ОСТ 37.001.090) [30].

В качестве комментария можно добавить, что при выполнении металлоемкости редукторов лебедок по показателям ГАЗа на лебедке автомобиля ЗИЛ можно было бы сэкономить 29 кг, на лебедке автомобиля УРАЛ–25,2 кг, на лебедке автомобиля КРАЗ–43,2 кг, а на лебедке автомобиля КАМАЗ–19 кг. И при этом повысить возможность непрерывной работы лебедок, например, у автомобиля ЗИЛ в 2...2,2 раза, а у автомобиля КРАЗ–в 1,1...1,5 раза.

Кроме этого завышенные по отношению к стандарту технические возможности лебедок автомобилей ГАЗ (суммарная протяженность непрерывного подтягивания равна 150 м против 100 м, время подтягивания на полную длину троса 2,5 мин против 5 мин, удельная масса 19,2 г/кгс против 23 г/кгс) позволяют уменьшить размерность ее основных элементов глобоидной передачи, что и сделано в дипломном проекте (межосевое расстояние уменьшено со 122,5 мм до 100 мм). Нереализуемые технические возможности лебедок других автомобилей имеют еще большие резервы.

Прототипом проектируемого автомобиля является автомобиль ГАЗ–3308. Автомобиль ГАЗ–3308 является новой моделью грузового автомобиля



повышенной проходимости, пришедший на смену ГАЗ-66, хорошо зарекомендовавшего себя у российских транспортников, работающих в условиях бездорожья. Автомобиль обладает отличными динамическими характеристиками и высокой проходимостью.

Тяговые автомобильные лебедки служат для самовытаскивания автомобиля при преодолении труднопроходимых участков пути и оказания помощи другим машинам. Специфика работы этих узлов определяет низкий потребный ресурс их работы, измеряемый количеством подтягиваний на полную длину троса. К примеру, работоспособность червячной лебедки с цилиндрическим зацеплением для автомобиля ГАЗ-63А не превышала обычно 80 подтягиваний (4–5 часов суммарного времени использования) и лимитировалась полным износом бронзового колеса редуктора, но за многие годы у завода не было ни одного замечания от потребителей о недостаточном сроке службы лебедки.

Учитывая масштабы автомобильного производства, экономически не оправдано закладывать в эти узлы большую металлоемкость. Поскольку последняя, в первую очередь, зависит от межцентрового расстояния передачи (во всех выпускаемых отечественных автомобильных лебедках применяется червячное зацепление), то оно выбирается значительно меньшим, чем определяется расчетами на несущую способность зацепления и термическую мощность редукторов общего машиностроения [17].

Получаемые таким образом малые габариты указанных агрегатов вместе с тем заставляют с большой осторожностью относиться к перегрузкам, которые неизбежно возникают в процессе эксплуатации лебедок. Поэтому их редукторы снабжаются предохранительным устройством (для большинства лебедок – стальной срезаемый палец, размещенный в карданном приводе узла), отсоединяющим лебедку от двигателя при превышении расчетной нагрузки. Кроме того, недостаточная термическая мощность редукторов лебедок приводит к быстрому нагреву смазочного масла до критической вязкости. Отмеченный недостаток

конструкции узла требует при пользовании лебедкой длительных перерывов для охлаждения редуктора. Принято считать, что это компенсируется полученной экономией металла и снижением веса автомобиля. Вместе с тем, задача снижения нагрева редуктора остается одной из основных. При этом вступает в силу еще одно противоречие специфики рассматриваемого узла. Оказывается, что высокий КПД передачи (главный фактор, влияющий на потери мощности, идущей на нагрев) здесь также недопустим по соображениям значительной в таком случае самообратимости червячной пары.

Дело в том, что при подтягивании автомобиля лебедкой (или вытягивании груза) из-под уклона, низкая степень самоторможения передачи, в случае срабатывания предохранительного устройства позволит машине (или грузу, что еще опаснее) перемещаться назад со всеми вытекающими отсюда последствиями. Малогабаритный автоматический тормоз редуктора, которым снабжаются все лебедки, способен лишь в определенных пределах замедлить это движение. Вместе с тем принятое значение КПД редуктора лебедки должно отличаться большой стабильностью, так как его увеличение приводит к срабатыванию предохранительного устройства узла при больших тяговых усилиях на тросе лебедки и вызывает перегрузку деталей, а снижение КПД дает обратный эффект и не позволяет лебедке развивать требуемые усилия.

В лебедках автомобилей ГАЗ первоначально использовалось червячное цилиндрическое зацепление (автомобиль ГАЗ–63А) и, как приводилось выше, эта лебедка имела небольшой ресурс работы. В лебедке автомобиля ГАЗ–66-02 использовано классическое глобоидное зацепление. Главным недостатком этого узла было нестабильное значение КПД. При разборке и осмотре работавших глобоидных передач контакт часто уходил в головку или ножку витка червяка и в большинстве случаев носил выраженный характер только на первой, входной, его половине. Контакт на зубе колеса проявлялся в виде узкой полосы износа, располагавшейся в середине. Изготовление завалов на концах витка червяка описанной картины не меняло.

Поэтому завод перешел на глобоидную модифицированную передачу, отличающейся сочетанием следующих признаков:

- непрерывной кривой модификации червяка в соответствии с ГОСТ 9369-66;
- локализация пятна контакта по длине витка в двух вариантах (величина несопряженности  $L_1=60$  мкм,  $L_2=100$  мкм) и по высоте профиля  $H=60$  мкм;
- спиральным фланкированием на выходном крае витка червяка.

Ввиду того, что червячные передачи автомобильных лебедок нагружаются только одной стороной витка червяка, вторая его сторона была оставлена классической.

В теории червячных передач отмечено, что при переходе с червячного цилиндрического на глобоидное зацепление в червячных редукторах можно уменьшить передачу. В лебедке ГАЗ – 66-02 по сравнению с лебедкой ГАЗ–63А этого сделано не было. Поэтому ресурс лебедки автомобиля ГАЗ–66-02, как и у автомобиля ГАЗ – 63А, остается завышенным и, очевидно, она имеет излишнюю металлоемкость [12].

В дипломном проекте эта передача уменьшена с межосевого расстояния 122,5 мм до 100 мм, а форма кривой модификации производящего червяка с параболической (а.с. 203409) изменена для упрощения технологии нарезания на прямолинейную (а.с. 203410).

При этом появилась возможность уменьшить металлоемкость червяка (экономия 2 кг стального проката) и сократить расход дефицитного цветного металла на червячное колесо (экономия 1 кг бронзы). Кроме того, замена чугунного картера лебедки с чугунного на алюминиевый приведет к снижению массы, как самого узла, так и всего автомобиля.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Исходные данные для расчета:

- тип автомобиля:..... грузовой;
- тип двигателя:..... дизельный 4-х тактный;
- тип трансмиссии:..... ступенчатая, механическая;
- максимальная скорость движения  $V_{max}$ , км/ч:..... 90;
- максимальный коэффициент сопротивления дороги  $\psi_{max}$  ..... 0,7;
- передаточные числа (таблица 2):

Таблица 2 – Передаточные числа трансмиссии

Коробка передач	1	6,555
	2	3,933
	3	2,376
	4	1,442
	5	1,0
Раздаточной коробки		1,0 и 1,982
Главной передачи		4,555

Из существующих двигателей для данного автомобиля предлагается рассмотреть следующие (таблица 3):

Таблица 3 – Модели двигателей и их характеристики

Модель двигателя	Мощность, кВт	Крутящий момент, Н·м
Д-245.7	90 при 2400 об/мин	430 при 1400 об/мин
Д-245.9	100 при 2400 об/мин	460 при 1500 об/мин
ГАЗ-562	91 при 2400 об/мин	422 при 1500 об/мин

Проведем расчет для двигателя Д-245.7 и проверим удовлетворяет ли двигатель заданным тягово-скоростным и топливно-экономическим параметрам.

Определение тягово-скоростных свойств автомобиля.

Проведем необходимые расчеты для построения графиков тягового баланса, мощностного баланса, динамической характеристики, ускорений при разгоне автомобиля и построим их.

Расчетные формулы для определения тягово-скоростных характеристик:

Текущая угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя:

$$\omega_1 = 0,1 \cdot \omega_{pe_{max}}, \quad (1)$$

$$\omega_2 = 0,2 \cdot \omega_{pe_{max}}$$

$$\omega_{12} = 1,2 \cdot \omega_{pe_{max}}$$

Пересчет угловой скорости вращения коленчатого вала двигателя в скорость автомобиля:

$$Va = \frac{\omega_e \cdot r_k}{U_{Ki} \cdot U_0 \cdot U_\delta}, \quad (2)$$

где  $U_{Ki}$  – передаточное число  $i$  – ой ступени КПП;

$U_0$  – передаточное число главной передачи;

$U_\delta$  – передаточное число дополнительной передачи;

$r_k$  – радиус качения колеса.

Сила сопротивления качению.

$$F_f = G_a \cdot (f_0 + 7 \cdot 10^{-6} \cdot Va), \quad (3)$$

где  $f_0$  – коэффициент сопротивления качению при малых скоростях движения ( $<15$ м/с).

Сила сопротивления воздуха:

$$F_B = 0,5 \cdot \rho_e \cdot C_x \cdot A_e \cdot V_a^2. \quad (4)$$

Сила сопротивления движению:

$$F_{\text{сопр}} = \frac{F_f + F_g}{\eta_T \cdot k_c}, \quad (5)$$

где  $k_c$  – коэффициент подкапотных потерь, в расчетах принимаем

$$k_c = 0,9.$$

Сила тяги на колесах:

$$F_K = \frac{T_e \cdot \eta_T \cdot U_{K1} \cdot U_0}{r_d}. \quad (6)$$

Динамический фактор:

$$D = \frac{F_K - F_B}{G_a}. \quad (7)$$

Динамический фактор – запас удельной силы тяги, расходуемой на преодоление сопротивления дороги и на разгон автомобиля.

Физический смысл заключается в том, что имея значение динамического фактора, можно сравнивать различные автомобили.

Ускорение при разгоне:

$$a = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta} \quad (8)$$

где  $\delta$  – коэффициент учета вращающихся масс, определяется по формуле:

$$\delta = 1 + \sigma_1 \cdot U_{кпп}^2 + \sigma_2 \quad (9)$$

где  $\sigma_1$  – коэффициент, характеризующий инерционные массы вращающихся частей двигателя (в расчетах приближенно  $\sigma_1 = 0,05$ );  
 $\sigma_2$  – коэффициент, характеризующий инерционные массы колес ( $\sigma_2 = 0,03$ ).

Мощность на колесах:

$$P_k = P_e \cdot \eta_T \cdot k_c. \quad (10)$$

Мощность сопротивления воздуха:

$$P_B = F_B \cdot V_a. \quad (11)$$

Мощность сопротивления качению:

$$P_f = F_f \cdot V_a. \quad (12)$$

Определение времени разгона автомобиля.

Время разгона автомобиля на каждой передаче определим по формуле:

$$t_p = \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{a_x} dv \quad (13)$$

где  $v_1$  – скорость в начале разгона;

$v_2$  – скорость в конце разгона;

$a_x$  - ускорение автомобиля.

Интеграл удобно вычислить численным методом. Для этого разобьем время разгона на каждой передаче на 5 интервалов.

Обозначим:

$j$  – номер передачи,

$i$  – номер интервала,

$V_i$  – скорость в конце  $i$  – го интервала,

$V_{i-1}$  – скорость в начале  $i$  – го интервала,

$a_{xi-1}$  – ускорение в начале  $i$  – го интервала,

$a_{xi}$  – ускорение в конце  $i$  – го интервала.

Тогда:

Изменение времени на  $i$  – ом интервале:

$$\Delta t_{pi} = \frac{\Delta V_i}{a_{x_{cpi}}}. \quad (14)$$

Изменение скорости на  $i$  – ом интервале:

$$\Delta V_i = V_i - V_{i-1} \quad (15)$$

Среднее ускорение на интервале:

$$a_{x_{cpi}} = \frac{a_{xi} + a_{xi-1}}{2}. \quad (16)$$

Кроме того, необходимо учесть время переключения передач  $\Delta t_{\Pi}$ , которое примем равным 1 секунде. Тогда время разгона вычислим по следующей формуле:

$$t_p = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \Delta t_{pi} + \sum_1^{n-1} t_{\Pi i} \quad (17)$$

где  $n$  – количество передач;

$m$  – количество интервалов разбиения времени.



При переключении передачи так же происходит уменьшение скорости автомобиля на величину  $\Delta V_n$ , которая определяется по формуле:

$$\Delta V_n = a_{зам} \cdot t_n, \quad (18)$$

где  $a_{зам}$  – ускорение автомобиля при переключении передачи;

$t_n$  – время переключения передачи.

Ускорение автомобиля при переключении можно определить по формуле:

$$a_{зам} = \frac{m_a \cdot g \cdot f + W \cdot V_a^2 + F_{Tp}}{m_a \cdot \delta} \quad (19)$$

где  $F_{Tp}$  – сила трения в трансмиссии (в расчетах принимают =0)

Определение пути разгона автомобиля.

Путь разгона автомобиля на каждой передаче можно определить с помощью интеграла:

$$S_p = \int_{t_1}^{t_2} V \cdot dt, \quad (20)$$

где  $t_1$  – время в начале разгона;

$t_2$  – время в конце разгона;

$V$  – скорость движения автомобиля.

Интеграл удобно вычислить численным методом. Для этого разобьем путь разгона на каждой передаче на 5 интервалов.

Обозначим:

- $j$  – номер передачи,
- $i$  – номер интервала,
- $V_i$  – скорость в конце  $i$  – го интервала,

- $V_{i-1}$  – скорость в начале  $i$  – го интервала,
- $S_{i-1}$  – путь в начале  $i$  – го интервала,
- $S_i$  – путь в конце  $i$  – го интервала.

Тогда

$$\Delta S_{pi} = V_{cpi} \cdot \Delta t_i \quad (21)$$

где  $\Delta t_i$  – изменение времени на  $i$ –ом интервале, определяется по следующей формуле:

$$\Delta t_i = t_i - t_{i-1} \quad (22)$$

$V_{cpi}$  – средняя арифметическая скорость автомобиля на  $i$  – ом интервале определяется формулой:

$$V_{cpi} = \frac{V_{i-1} + V_i}{2} \quad (23)$$

Также необходимо учесть путь, пройденный автомобилем в момент переключения передачи,  $S_{пj}$ . Тогда путь разгона автомобиля можно будет определить по формуле:

$$S_p = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \Delta S_{pi} + \sum_1^{n-1} S_{пj} \quad (24)$$

где  $S_{пj} = V_{cpi} \cdot t_{пj}$  – путь пройденный автомобилем в момент переключения передачи.

Средняя арифметическая скорость автомобиля в момент переключения передачи:

$$V_{cpj} = \frac{V_i + (V_i - \Delta V_{\Pi j})}{2} \quad (25)$$

Результаты расчетов разгона автомобиля.

Определение показателей топливной экономичности автомобиля.

Одним из показателей топливной экономичности автомобиля является контрольный расход топлива, то есть расход, замеренный при заданных, установившихся скоростях движения автомобиля, полностью нагруженного на высшей передаче по прямой горизонтальной дороге, с твердым гладким покрытием, при отсутствии ветра [12].

Контрольный расход топлива определяется в следующем порядке: задается частота вращения коленчатого вала двигателя и определяется соответствующая ей скорость движения автомобиля по формуле:

$$V_a = \frac{w_e \cdot r_d}{U_{Tp}} \quad (25)$$

Определяется мощность двигателя как  $P_e = f(w_e)$

Определяются  $P_\psi$  и  $P_B$

Определяются коэффициенты  $I$  и  $E$  по следующим формулам:

$$I = \frac{P_\psi + P_B}{P_e \cdot \eta_T}, \quad (26)$$

где  $I$  – коэффициент, определяющий степень использования мощности двигателя,

$E$  – коэффициент степени использования угловой скорости вращения коленчатого вала двигателя.

Определяются коэффициенты  $K_E$ ,  $K_I$  по формулам:

$$K_E = 1,25 - 0,99E + 0,98E^2 - 0,24E^3. \quad (27)$$

Для двигателей формула определения коэффициента  $K_{II}$  имеет вид:

$$K_{II} = 3,27 - 8,22I + 9,13I^2 - 3,18I^3. \quad (28)$$

Определяется  $g_e$  – удельный эффективный расход топлива по формуле:

$$g_e = 1,075 \cdot K_E \cdot K_{II} \cdot g_{e\min}. \quad (29)$$

Определяется  $Q_s$  по формуле:

$$Q_s = \frac{g_e \cdot K_E \cdot K_{II} \cdot (P_\psi + P_B)}{36 \cdot \rho_T \cdot \eta_T \cdot V_a} / \quad (30)$$

Результаты расчетов выполнены в Excel, и на основании полученных данных построены графики в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

Выполнив тяговый расчет автомобиля с двигателем Д–245.7, мы видим, что удовлетворены все требования, предъявляемые к автомобилю. Выбираем двигатель Д–245.7 как наиболее дешевый.

### 3 Конструкторская часть

#### 3.1 Расчёт лебедки

Расчет геометрии глобоидной передачи редуктора.

Расчет произведен в соответствии с ГОСТ 17696-72 [16].

Исходные данные для расчета (приняты по ГОСТ 9369-66 [18]):

- межосевое расстояние  $a=100$  мм;
- передаточное число  $u=25$

Результаты расчета сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Основные геометрические параметры передачи

Наименование параметра	Обозначение	Численные значения
1 Число заходов червяка	$z_1$	1
2 Число зубьев колеса	$z_2$	25
3 Коэффициент диаметра червяка	$q$	8
4 Диаметр расчетной окружности, мм		
– червяка	$d_1$	48,48
– колеса	$d_2$	151,52
5 Ширина венца колеса, мм	$b$	38
6 Модуль, мм	$m$	6,06
7 Расчетный обхват	$k_C$	3,5
8 Теоретический обхват	$k_T$	4,0
9 Диаметр профильной окружности, мм		
10 Рабочая высота зуба колеса, мм	$D_p$	73
11 Радиальный зазор, мм	$h$	9,6
12 Радиус впадин червяка, мм (в средней плоскости колеса, мм)	$c$	1
13 Диаметр вершин, мм	$Rf_1$	80,6
- витков червяка	$da_1$	
- зубьев колеса	$da_2$	60
14 Радиус вершин витков червяка, мм (в средней плоскости колеса)		159,2
15 Диаметр впадин, мм	$Ra_1$	70
– червяка	$df_1$	
– колеса	$df_2$	38,8
16 Длина нарезанной части червяка, мм	$l$	138
17 Угол подъема витка	$\gamma$	66
18 Направление витка	-	7°07'
19 Толщина по хорде, мм		левое
– витка червяка	$\bar{s}_1$	
– зуба колеса	$\bar{s}_2$	9,367
		9,44

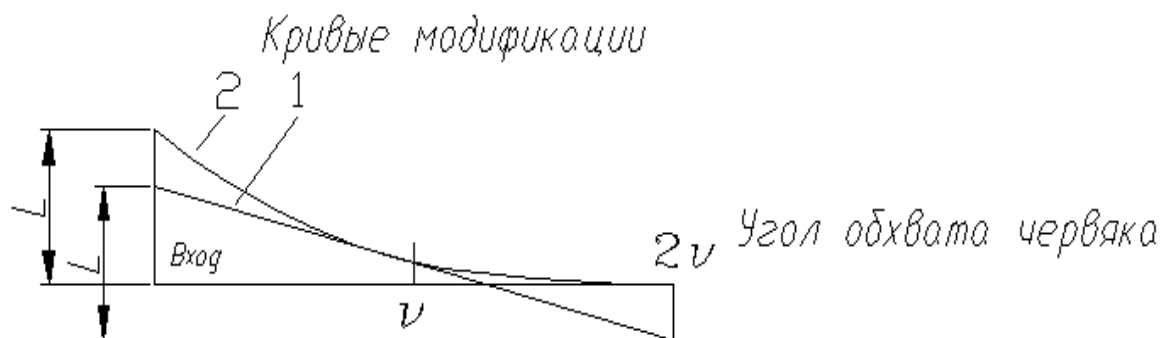
Продолжение таблицы 4

Наименование параметра	Обозначение	Численные значения
20 Высота до хорды, мм		
– витка колеса	$\bar{h}a_1$	5,51
– зуба колеса	$\bar{h}a_2$	3,99

Форма модификации глобоидного зацепления принята в соответствии с а.с. 203410.

Глубина модификации на входе витка червяка принята  $\Delta=0,18$  мм.

Локализация контакта в зацеплении осуществлена в двух направлениях: продольном и поперечном. Продольная локализация получена путем выполнения завала витка производящего червяка (фрезы)  $L=0,18$  мм. При этом для обеспечения гарантированной несопряженности на выходе червяка из зацепления, а также с целью упрощения изготовления режущего инструмента для обработки зубьев колеса форма модификации боковой поверхности витка фрезы с учетом [18] принята прямолинейной (рисунок 5).



1 – кривая модификации производящего червяка; 2 – кривая модификации рабочего червяка.

Рисунок 5 – Форма модификации боковой поверхности витка фрезы

Поперечная локализация контакта предусмотрена выполнением бочкообразного зуба колеса глобоидной передачи завалом профиля  $H=0,05$  мм (рисунок 6).

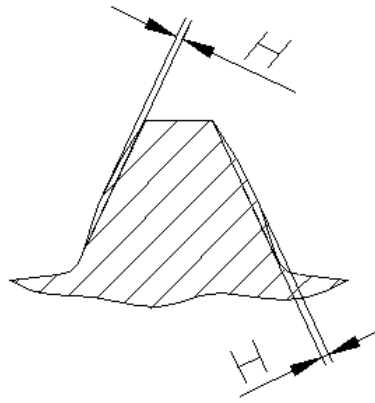


Рисунок 6 – Поперечная локализация контакта

Расчет глобоидной передачи редуктора на прочность.

Произведен по методике [19], учитывающей при расчете несущей способности зацепления потребный ресурс работы глобоидной передачи.

Исходные данные:

Максимальный крутящий момент на колесе глобоидной передачи

$$M_{кр}^{max} = \frac{P_{np} \cdot D_{бар}^{max}}{2}, \quad (31)$$

где  $P_{np}$  – предельное тяговое усилие на последнем ряду намотки троса на барабан лебедки;  $P_{np} = 3000$  кгс

$D_{бар}^{max}$  – максимальный диаметр намотки троса на барабан,

$D_{бар}^{max} = 219$  мм.

Рабочая скорость вращения вала колеса:

$$n_2 = \frac{n_{дв}^{max}}{U_{намот} \cdot U}, \quad (32)$$

где  $n_{дв}^{max}$  – максимальное число оборотов двигателя,  $n_{дв}^{max} = 2400$  об/мин;

$U_{намот}$  – передаточное число привода лебедки от двигателя,  $U_{намот} = 2,786$ ;

$U$  – передаточное число глобоидной передачи,  $U = 25$ ,

$$n_2 = \frac{2400}{2,786 \cdot 25} = 34,46 \text{ об/мин.}$$

Расчет несущей способности по износу.

Допустимый момент на валу колеса  $[M_2]'$  при изготовлении глобоидной передачи по восьмой степени точности ГОСТ 16502-70 [21] определяется из выражения:

$$[M_2]' = \frac{0,75 \cdot [M_2]}{k_{наг}} \cdot \sqrt[4]{\frac{W'_{из}}{5 \cdot 10^{-10} \cdot a}}, \quad (33)$$

где  $[M_2]$  – допустимый момент на валу колеса при нормальной скорости изнашивания  $W_{из} \leq 5 \cdot 10^{-10} \cdot a$ ;

$a$  – межосевое расстояние,

$W'_{из}$  – требуемая скорость изнашивания зубьев колес до допустимого износа ( $\Delta$ ) при рабочих оборотах колеса ( $n_2$ ) за заданный срок службы ( $T$ );

$k_{наг}$  – коэффициент нагрузки;  $k_{наг} = 0,7$ ;

$T$  – 10 часов (из расчета 200-250 подтягиваний на суммарную длину 10000...12500 м);

$$W'_{из} = \frac{\Delta}{T \cdot 60 \cdot n_2}, \quad (34)$$

где  $\Delta = 2$  мм;  $n_2 = 34,46$  об/мин.

$$W'_{из} = \frac{2}{10 \cdot 60 \cdot 34,46} = 0,0001 \text{ мм/об.}$$

Таким образом, рабочий крутящий момент глобоидной передачи  $M_{кр}^{\max} = 328,5$  кгс·м (меньший  $[M_2]' = 525$  кгс·м) является допустимым по условиям заданной скорости изнашивания зубьев ее колеса.



Расчет зубьев колеса на излом.

Производится по формуле:

$$\tau_{cp} = \frac{4 \cdot M_{kp}^{\max}}{d_2 \cdot z' \cdot F_{cp} \cdot \cos \gamma} \leq [\tau_{cp}], \quad (35)$$

где  $z'$  – число зубьев, одновременно находящихся в зацеплении,  $z' = 2,5$

$F_{cp}$  – площадь среза.

Площадь среза зуба определяется по формуле:

$$F_{cp} \approx 1,57bm + \frac{2bh_2''}{\cos \gamma} \cdot \operatorname{tg}\left(\arcsin \frac{D_p}{d_2} - \frac{180}{z_2}\right), \quad (36)$$

где  $b$  – ширина венца червячного колеса,  $b = 3,8$  см;

$m$  – модуль,  $m = 0,6$  см;

$h_2''$  – высота ножки зуба колеса,  $h_2'' = 0,576$  см.

$$F_{cp} \approx 1,57 \cdot 3,8 \cdot 0,6 + \frac{2 \cdot 3,8 \cdot 0,576}{\cos 7^\circ} \cdot \operatorname{tg}\left(\arcsin \frac{219}{151,52} - \frac{180}{25}\right) = 5,326 \text{ см}^2.$$

Напряжение среза  $\tau_{cp} = 656,36$  кгс/см<sup>2</sup>. Допускаемое напряжение  $[\tau_{cp}] \cong 0,5\sigma_6$

Для высокооловянистой бронзы (материал венца колеса) предел прочности на растяжение  $\sigma_6^{\min} = 3000$  кгс/см<sup>2</sup>.

Следовательно,  $[\tau_{cp}] \approx 1500$  кгс/см<sup>2</sup>, а  $[\tau_{cp}] \geq \tau_{cp}$ , что свидетельствует о достаточной прочности зуба.

Расчет червяка на жесткость.

Прогиб червяка приближенно округляется по формуле:

$$f = \frac{L_0^3 \cdot \sqrt{P_Q^2 + P_T^2}}{48 \cdot E_1 \cdot J_{np}}, \quad (37)$$

где  $L_0$  – расстояние между опорами;  $L_0=17,1$  см;

$P_Q$  – окружная сила на червяке;  $P_Q = 1084$  кгс;

$P_T$  – распорная сила на червяке;  $P_T = 921,6$  кгс;

$E_1$  – модуль упругости материала червяка (сталь),

$E_1=2,15 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>;

$J_{np}$  – приведенный момент инерции, учитывающий жесткость червяка;

$$J_{np} = J \cdot \varphi, \quad (38)$$

где  $J$  – момент инерции червяка, рассчитанный по диаметру впадин

( $df_1 = 38,8$  мм);

$\varphi$  – коэффициент, учитывающий жесткость витков,  $\varphi = 1,34$ .

$$J = \frac{3,14 \cdot 38,8^4}{64} = 11,12 \text{ см}^4.$$

Окончательно имеем  $f = 0,046$  мм.

Допустимый прогиб определяется в долях модуля передачи

$[f] = (0,005 \dots 0,01) \cdot m = (0,03 \dots 0,06)$  мм.

Таким образом, прогиб червяка не выходит за рамки его допускаемых значений.

### 3.2 Расчет червячной передачи редуктора на нагрев

Для тяжело нагруженных передач, работающих с длительными остановками, допустимое время непрерывной работы в часах до достижения предельной допустимой температуры масла определяется по формуле:

$$T = \frac{G_P \cdot C_P + G_M \cdot C_M (t_1 - t_2)}{Q - K_T \cdot F_K \cdot (1 + \varphi) \cdot t_{cp.изб.}}, \quad (39)$$

где  $G_P$  – масса редуктора без барабана лебедки;

$C_P$  – теплоемкость материала картера;

$G_M$  – масса масла в ванне;

$C_M$  – теплоемкость масла (МТ-16П ГОСТ 6360-58 [22]);

$$C_M = 0,4 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}};$$

$t_{cp.изб.}$  – средняя избыточная температура масла;  $t_{cp.изб.} = 0,5(t_1 - t_2)$  град;

$t_1$  – предельно допустимая температура масла;  $t_1 = 130^\circ\text{C}$ ;

$t_2$  – температура окружающего воздуха;  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ ;

$F_K$  – поверхность охлаждения редуктора;

$F \approx 20 \cdot a^2$ , ( $a$  – межосевое расстояние);

$K_T$  – коэффициент теплопередачи при естественном охлаждении,

$$K_T = 12 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}};$$

$\varphi$  – коэффициент, учитывающий отвод тепла от корпуса;  $\varphi = 0,1$

$Q$  – количество тепла, выделяющееся в течении 1 часа при непрерывной работе лебедки.

$$Q = 860 \cdot (1 - \eta) \cdot N_{вщ}, \quad (40)$$

где  $N_{вщ}$  – мощность, передаваемая червяком;

$$N_{вщ} = \frac{M \cdot n}{716,2}, \quad (41)$$

где  $M$  и  $n$  – соответственно крутящий момент на червяке и число оборотов червяка при работе лебедки)

$\eta$  – КПД лебедки; принимаем  $\eta = 0,5$

$$G_M = \rho \cdot V, \quad (42)$$

где  $\rho$  – плотность масла;  $\rho = 0,895 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$ ,

$V$  – объем масляной ванны.

Ввиду заведомо завышенного уровня нагрева передачи (в силу специфики работы лебедки ее межосевое расстояние принимается в несколько раз меньшим, чем это рекомендуется для той же нагрузки передач общего машиностроения), расчет производим сравнительно с лебедкой автомобиля ГАЗ 66-02.

Параметры для расчета сводим в таблицу 5.

Таблица 5 – Параметры расчета

Параметры	Лебедка ГАЗ 66-02	Лебедка ГАЗ 33081
$G_p, \text{кг}$	46	33
$C_p, \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$	0,13 для чугуна	0,223 для алюминия
$V, \text{л}$	0,8	1,0
$G_M, \text{кг}$	0,716	0,895
$F_K, \text{м}^2$	0,3	0,2
$M, \text{кгс} \cdot \text{м}$	27,4	26,28
$n, \text{об/мин}$	935	610
$N_{\text{вц}}, \text{кВт}$	26,3	22,4
$Q, \frac{\text{ккал}}{\text{час}}$	11300	9632
$T, \text{час}$	0,0039	0,0056

Таким образом, тепловой режим работы спроектированной лебедки на  $\frac{0,0056}{0,0039} \cdot 100\% \approx 43\%$  лучше, чем у лебедки автомобиля ГАЗ 66-02.

Расчет элементов лебедки на прочность и работоспособность.

Расчет шлиц муфты барабана на смятие и на срез

Напряжение смятия:

$$\sigma_{cm} = \frac{M_{max} \cdot i_1 \cdot 4 \cdot 2}{(D + d_0) \cdot (D - d_0) \cdot l \cdot n}, \quad (43)$$

$$\sigma_{cm} = \frac{328,5 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1000}{(50 + 44,5) \cdot (50 - 44,5) \cdot 50 \cdot 10} = 10,11 \frac{\text{КГС}}{\text{ММ}^2} \leq [\sigma]_{cm} = 3000 \dots 4000 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}^2} [2]$$

Напряжение среза:

$$\tau_{cp} = \frac{4 \cdot M_{max}}{(D + d) \cdot n \cdot b \cdot l}, \quad (44)$$

$$\tau_{cp} = \frac{4 \cdot 328,5 \cdot 1000}{(50 + 44,5) \cdot 10 \cdot 8 \cdot 50} = 3,48 \frac{\text{КГС}}{\text{ММ}^2} \leq [\tau] = 900 \dots 1600 \frac{\text{КГС}}{\text{СМ}^2} [2]$$

### 3.3 Расчет троса на запас прочности

Используется стальной трос 13-Г-1-С-Н-1670, для которого разрывное усилие составляет по ГОСТ 3077-80 88850 Н/мм<sup>2</sup>.

$$n = \frac{9057}{4500} = 2,01.$$

Определение диаметра предохранительного пальца лебедки

Напряжение двойного среза:

$$\tau = \frac{2 \cdot F}{S_{cp}}. \quad (45)$$

Площадь среза:

$$S_{cp} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}. \quad (46)$$

Усилие среза:

$$F = \frac{M}{r}, \quad (47)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot 4 \cdot M}{r \cdot \pi \cdot D^2} \leq [\tau], \quad (48)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{r \cdot \pi \cdot [\tau]}}. \quad (49)$$

где  $D$  – диаметр предохранительного пальца;

$M$  – крутящий момент на червяке,  $M = 39,42$  кгс\*м

$r = 25$  мм.

По данным ПАО «ГАЗ» для стали 20 по ГОСТ 1050 для твердости HB=75...90  $[\tau] = 24...59$  кг/мм<sup>2</sup>. Принимаем минимальное значение  $[\tau] = 24$  кг/мм<sup>2</sup>

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot 394200}{15 \cdot 3,14 \cdot 2400}} = 5,53 \text{ мм.}$$

Расчет подшипника скольжения.

Удельное давление:

$$q = \frac{P}{D \cdot l}, \quad (50)$$

где  $P$  – усилие на тросе,

$$q = \frac{4500}{45 \cdot 43} = 233 \text{ кг/см}^2.$$

Окружная скорость:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{6000}, \quad (51)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 34,46}{6000} = 0,81 \text{ м/с.}$$

На переднем конце червяка сохранена система опор, состоящая из упорного (№8209) и роликового цилиндрического (№12309КМ) подшипников, на другом конце конический роликоподшипник (№27709УІ), грузоподъемностью 4500 кгс заменен на более дешевый шариковый радиальный (№309), грузоподъемностью 3780 кгс, так как осевое усилие компенсируется передней опорой.

### 3.4 Карданная передача привода лебедки

Передача крутящего момента от коробки отбора мощности к редуктору лебедки осуществляется карданной передачей состоящей из двух карданных валов и промежуточной опоры.

Расчет критического числа оборотов карданного вала.

Расчет производим по формуле:

$$n_{кр} = 1,025 \cdot 10^7 \cdot \frac{D}{L^2}, \quad (52)$$

$$\text{для } L=662 \text{ мм } n_{кр} = 1,025 \cdot 10^7 \cdot \frac{3,0}{66,2^2} = 7017 \text{ об/мин;}$$

$$\text{для } L=320 \text{ мм } n_{кр} = 1,025 \cdot 10^7 \cdot \frac{3,0}{32,0^2} = 30030 \text{ об/мин.}$$

В соответствии с ОСТ 37.001.403-85 «Карданные передачи. Технические требования к установке. Нормы дисбаланса.» допустимой является длина, при которой максимальная частота вращения карданного вала, соответствующая максимальной скорости движения автомобиля, не превышает 70% расчетной критической частоты вращения вала.

Определим максимальную частоту вращения карданного вала:

$$n_{\max} = \frac{n_{\max}^e}{U_{\text{намот}}}, \quad (53)$$

$$n_{\max} = \frac{2400}{2,786} = 861,5 \text{ об/мин.}$$

То есть  $n_{\max} > n_{кр}$  для обоих валов.

Расчет основных деталей карданной передачи на прочность.

Расчет вала.

$$\tau = \frac{M_{\max} \cdot 16}{\pi \cdot D^3}, \quad (54)$$

$$\tau = \frac{26,28 \cdot 1000 \cdot 16}{3,14 \cdot 30^3} = 4,96 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}.$$

$$49,6 \text{ МПа} \leq [\tau] \approx 100 \dots 200 \text{ МПа} [5].$$

Расчет шлиц.

Шлицы рассчитываем на срез и на смятие.

Напряжение смятия:

$$\sigma_{см} = \frac{M_{\max} \cdot i_1 \cdot 4 \cdot 2}{(D + d_0) \cdot (D - d_0) \cdot l \cdot n}, \quad (55)$$

$$\sigma_{см} = \frac{26,28 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1000}{(30 + 25,5) \cdot (30 - 25,5) \cdot 71 \cdot 10} = 1,19 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} = 11,9 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{см} = 10 \dots 15 \text{ МПа} [5].$$

Напряжение среза:

$$\tau_{ср} = \frac{4 \cdot M_{\max}}{(D + d) \cdot n \cdot \psi \cdot b \cdot l}, \quad (56)$$

$$\tau_{ср} = \frac{4 \cdot 26,28 \cdot 1000}{(30 + 25,5) \cdot 10 \cdot 3,5 \cdot 71} = 0,76 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} = 7,6 \text{ МПа} \leq [\tau] = 15 \dots 30 \text{ МПа} [13].$$

Расчет крестовины.



Условно сосредоточенная нормальная сила, действующая в середине шипа:

$$F = \frac{M_{\max} \cdot 1000}{2R \cdot \cos \gamma}, \quad (57)$$
$$F = \frac{26,28 \cdot 1000}{80 \cdot \cos 18^\circ} = 345,4 \text{ кгс.}$$

Напряжение изгиба:

$$\sigma_u = \frac{F \cdot h \cdot 32}{\pi \cdot d^3}, \quad (58)$$
$$\sigma_u = \frac{345,4 \cdot 12,7 \cdot 32}{3,14 \cdot 16,3^3} = 10,32 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} = 103,2 \text{ МПа} \leq [\sigma]_u = 200 \dots 300 \text{ МПа} [13]$$

Напряжение среза:

$$\tau_{cp} = \frac{F \cdot 4}{\pi \cdot d^2}, \quad (59)$$
$$\tau_{cp} = \frac{345,4 \cdot 4}{3,14 \cdot 16,3^2} = 1,66 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} = 16,6 \text{ МПа} \leq [\tau]_{cp} = 100 \dots 150 \text{ МПа} [15].$$

Спецификация на тяговую лебёдку для грузового автомобиля ГАЗ-3308 представлена в Приложении А (рисунки А.1-А.4).

Выводы по разделу.

В разделе «Конструкторская часть» выполнены следующие конструкторские расчеты лебедки: червячной передачи редуктора на нагрев, троса на запас прочности, карданной передачи привода лебедки.

## 4 Технологический раздел

### 4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Процесс сборки является одним из заключительных этапов изготовления машины.

«Организационная форма сборки машин определяется типом и условиями производства. При этом решающими факторами являются годовой объем выпуска изделий, трудоемкость сборочных работ и экономическая эффективность» [6].

Для сборки тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308 предлагается мелкосерийная сборка, так как данный вид модернизации не будет иметь большого количества заказов, а, следовательно, не требуется постановка изготовления на «поток».

В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс выполняется бригадами рабочих со специализацией по видам сборочных работ. Областью экономичного использования данного вида сборки является мелкосерийное производство средних по размеру и крупных машин.

Определяем такт выпуска:

$$T_d = \frac{F_d \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (60)$$

где  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным  $F_d = 2070$  ч. для стационарной сборки на необорудованных стендах;  
 $m$  – количество смен, принимается равным  $m = 1$ ;  
 $N$  – годовой объем выпуска, принимается равным  $N = 200$  шт.

$$T_d = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{200} = 621 \text{ мин.}$$

Следующим этапом является составление технологической схемы сборки, в которой отражена последовательность соединения составных элементов конструкции (детали, сборочные единицы).

Технологическая схема сборки тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308 представлена в графической части ВКР.

На основании технологической схемы сборки, составляем перечень сборочных работ узловой и общей сборки.

Перечень выполняем в виде таблицы (таблица 6), содержащей наименование сборочных работ и данные о нормировании всех необходимых видов работ.

Таблица 6 – Перечень сборочных работ

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции $t_{on}$ , мин
Сборка червяка	
Взять червяк	0,1
Осмотреть червяк	0,3
Установить червяк в тиски	0,6
Взять подшипник (3 шт.)	0,2
Взять оправку	0,1
Установить подшипники на червяк при помощи оправки	1
Сборка червячного колеса с валом	
Взять вал	0,1
Осмотреть вал	0,3
Взять червячное колесо	0,1
Осмотреть червячное колесо	0,3
Установить червячное колесо на вал	0,8
Взять распорную шайбу	0,1
Взять регулировочное кольцо	0,1
Общая сборка	
Взять картер редуктора лебедки	0,8
Осмотреть картер редуктора лебедки	0,6
Установить в картер редуктора лебедки червячное колесо с валом и червяк	1,4
Взять пресс-масленку	0,2
Установить пресс-масленку в картер редуктора лебедки	0,7
Взять тормоз в сборе	0,8
Осмотреть тормоз в сборе	0,6

Продолжение таблицы 6

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции $t_{on}$ , мин
Установить тормоз в сборе	2,5
Взять крышку в сборе	0,3
Взять болты (6 шт.) и шайбы (6 шт.)	0,1
Установить крышку в сборе при помощи болтов (6 шт.) и шайб (6 шт.)	3
Взять сальник вала	0,2
Запрессовать сальник вала	0,9
Взять кулачковую муфту	0,2
Установить кулачковую муфту на вал	0,9
Взять болты 2 (шт.) и шайбы (2 шт.)	0,1
Взять вилку в сборе	0,2
Осмотреть вилку в сборе	0,2
Взять упорное кольцо	0,1
Установить вилку в сборе и зафиксировать ее при помощи упорного кольца	0,5
Взять барабан	0,2
Осмотреть барабан	0,5
Установить барабан	1,9
Взять пресс-масленку	0,1
Установить пресс-масленку	0,8
Взять траверсу, угольник	0,4
Взять болт, шайбу, гайку	0,1
Зафиксировать траверсу, угольник	1,2
Взять стремянку	0,1
Осмотреть стремянку	0,3
Взять шайбу (2 шт.), гайку (2 шт.)	0,1
Установить стремянку при помощи шайб и гаек	0,9
Взять заливную пробку	0,1
Закрутить заливную пробку	0,6
Выполнить обкатку редуктора лебедки	30
Итого:	55,7

## 4.2 Определение трудоемкости сборки

Определяем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots t_{on_n}, \quad (61)$$

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_{он}^{общ} + t_{он}^{общ} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (62)$$

где  $\alpha$  – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, которая принимается в диапазоне от 2 до 3%, принимаем 3%;

$\beta$  – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, которая принимается в диапазоне от 4 до 6%, принимаем 5%» [31].

$$t_{ум}^{общ} = 55,7 + 55,7 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 60,15 \text{ мин.}$$

### 4.3 Составление технологического процесса сборки тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308

Последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 7.

Таблица 7 – Технологический процесс сборки тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время $T_{ум}$ , мин.
<b>Сборка червяка</b>					
005	Сборочная	1	Взять червяк	Набор гаечных ключей, головок, оправка	2,3
		2	Осмотреть червяк		
		3	Установить червяк в тиски		
		4	Взять подшипник (3 шт.)		
		5	Взять оправку		
		6	Установить подшипники на червяк при помощи оправки		
<b>Сборка червячного колеса с валом</b>					
010	Сборочная	1	Взять вал		
		2	Осмотреть вал		

Продолжение таблицы 7

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время $T_{ит}$ , мин.
		3	Взять червячное колесо	Набор гаечных ключей, головок, оправка	1,8
		4	Осмотреть червячное колесо		
		5	Установить червячное колесо на вал		
		6	Взять распорную шайбу		
		7	Взять регулировочное кольцо		
Общая сборка					
015	Сборочная	1	Взять картер редуктора лебедки	Набор гаечных ключей, головок, отвертки, оправка, молоток	25,7
		2	Осмотреть картер редуктора лебедки		
		3	Установить в картер редуктора лебедки червячное колесо с валом и червяк		
		4	Взять пресс-масленку		
		5	Установить пресс-масленку в картер редуктора лебедки		
		6	Взять тормоз в сборе		
		7	Осмотреть тормоз в сборе		
		8	Установить тормоз в сборе		
		9	Взять крышку в сборе		
		10	Взять болты (6 шт.) и шайбы (6 шт.)		
		11	Установить крышку в сборе при помощи болтов (6 шт.) и шайб (6 шт.)		
		12	Взять сальник вала		
		13	Запрессовать сальник вала		
		14	Взять кулачковую муфту		
		15	Установить кулачковую муфту на вал		
		16	Взять болты 2 (шт.) и шайбы (2 шт.)		
		17	Взять вилку в сборе		

Продолжение таблицы 7

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время $T_{ит}$ , мин.
		18	Осмотреть вилку в сборе		
		19	Взять упорное кольцо		
		20	Установить вилку в сборе и зафиксировать ее при помощи упорного кольца		
		21	Взять барабан		
		22	Осмотреть барабан		
		23	Установить барабан		
		24	Взять пресс-масленку		
		25	Установить пресс-масленку		
		26	Взять траверсу, угольник		
		27	Взять болт, шайбу, гайку		
		28	Зафиксировать траверсу, угольник		
		29	Взять стремянку		
		30	Осмотреть стремянку		
		31	Взять шайбу (2 шт.), гайку (2 шт.)		
		32	Установить стремянку при помощи шайб и гаек		
020	Испытательная	1	Выполнить обкатку редуктора лебедки	Стенд для обкатки редукторов	30

Выводы по разделу.

В разделе «Технологический раздел» выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

### 5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308

Для описания конструктивно-технологической и организационно-технической характеристики технологического процесса установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308 составлен технологический паспорт, представленный в таблице 8.

Таблица 8 – Технологический паспорт технологического процесса установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Установка лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308	1 Установка автомобиля ГАЗ-3308 на пост. 2 Подготовка к установке лебёдки. 3 Установка специальной коробки отбора мощности. 4 Соединение лебёдки с валом карданным приводом лебедки. 5 Снятие автомобиля ГАЗ-3308 с поста	Слесарь по ремонту автомобилей 5 разряда	Канавка, набор гаечных ключей, головок, плоскогубцы, головок, стойка для снятия агрегатов, тележка	Спецодежда перчатки [4]



## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков является частью процесса, используемого для оценки того, может ли какая-либо конкретная ситуация, предмет, вещь и так далее причинить вред. Для описания всего процесса часто используется термин «оценка риска», который включает в себя следующие этапы:

- выявление опасностей и факторов риска, которые могут причинить вред (идентификация опасностей);
- анализ и оценка риска, связанного с этой опасностью;
- определение подходящих способов устранения опасности или управления риском, когда опасность не может быть устранена (управление риском) [23].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308 представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Установка автомобиля ГАЗ-3308 на пост. 2 Подготовка к установке лебёдки. 3 Установка специальной коробки отбора мощности. 4 Соединение лебёдки с валом карданным привода лебедки. 5 Снятие автомобиля ГАЗ-3308 с поста	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля и его деталей и агрегатов Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования» [9].	Поверхности автомобиля, детали и агрегаты Технологическое оборудование, применяемое в зоне текущего ремонта

Продолжение таблицы 9

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
	Повышенный уровень шума	Технологическое оборудование, применяемое в зоне текущего ремонта
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции
	Напряжение зрительных анализаторов	
Монотонность труда, вызывающая монотонию		

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации ОиВПФ 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» [27].

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ: информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты; разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда; установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [9].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах

на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;

- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;
- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий пожарной безопасности в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) Российской Федерации» [10].

В целях частичного снижения или полного устранения обнаруженных ОВПФ выбираем организационно-технические методы и средства с учетом действующих на данный момент времени требований нормативных документов.

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [8]
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля»	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования; – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; обеспечение дистанционного управления оборудованием	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [9]
«Повышенный уровень шума»	Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; введение регламентированных дополнительных перерывов; проведение обязательных предварительных и периодических медосмотров	Защитные противозумные наушники, беруши противозумные» [27].
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой»	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров	

Продолжение таблицы 10

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
	<p>согласно ст. 212 ТК РФ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации;</li> <li>используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [26].</li> </ul>	–
«Монотонность труда	<ul style="list-style-type: none"> <li>– объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей;</li> <li>– чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника;</li> <li>– внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии) в структуру режима труда и</li> </ul>	–

Продолжение таблицы 10

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
	<p>отдыха включают функциональную музыку, которая стимулирует двигательную активность и вызывает у работников приятные эмоции» [10];</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– «применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности;</li> <li>– отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования; усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале;</li> <li>– выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы человек-машина;</li> <li>– установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при отсутствии экстренной необходимости его прерывания);</li> <li>– чередование пассивного отдыха с активным» [10]</li> </ul>	

## 5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Проводим идентификацию источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара (таблица 11).

Таблица 11 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона ТР	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТР	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [10]

Система пожаротушения является неотъемлемой частью любой противопожарной инфраструктуры. «Пожаротушение» – собирательный термин для любой инженерной группы подразделений, предназначенных для тушения пожара. Это может быть достигнуто применением огнетушащего вещества, такого как вода, пена или химические соединения.

В статье 42 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);



- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения (далее – СИЗ), защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [10].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [10]

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при технологическом процессе установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308 представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при технологическом процессе установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия
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
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
Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия
Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143-2009, ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [28]

### **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308**

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308 и сведем их в таблицу 13.

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

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Установка лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей	Масла моторные, трансмиссионные, эксплуатационные жидкости: охлаждающая, тормозная	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые и коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [29].

Выполним разработку экологических факторов, возникающих при технологическом процессе установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308, а также предложим методы снижения негативных (вредных и опасных) факторов:

- «атмосферу – применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена;
- гидросферу – контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды;
- литосферу – спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырьё, металлический лом, стружка отправляется на переплавку, твердые бытовые и коммунальные отходы сортируются и перерабатываются или сжигаются, отработанное масло собирается и перерабатывается» [1].

Выводы по разделу.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

- разработан Технологический паспорт технологического процесса установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308 (таблица 8);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308 (таблица 9) и определены методы и средства их снижения или пути адаптации для снижения рисков (таблица 10);
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308 (таблицы 11, 12);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе установки лебёдки на грузовой автомобиль ГАЗ-3308 и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 13).

## 6 Экономическая эффективность проекта

«Для определения финансовых затрат на разработку тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308 воспользуемся формулой:

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

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

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

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

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

$C_{\text{о.н}}$  – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [32].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

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

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

$C_{\text{к}}$  – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, р./кг» [12].

В таблице 14 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 14 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Корпус тяговой лебедки	Алюминий	10	9	135	1350
Итого:	–	–	–	–	1350

$$C_{\text{к.д}} = 135 \cdot 10 = 1350 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{o.d} = C_{прн} + C_M, \quad (65)$$

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.» [12].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{пр} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (66)$$

где  $t$  – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей: червяк – 1 шт., червячное колесо – 1 шт., трудоемкость на изготовление деталей: червяк – 0,7 чел.-ч., червячное колесо – 1,1 чел.-ч.

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

$k_t$  – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимаем равным 1,030» [12].

$$t = 1 \cdot t_{\text{червяк}} + 1 \cdot t_{\text{червячное колесо}}$$

$$t = 1 \cdot 0,7 + 1 \cdot 1,1 = 1,8 \text{ чел.-ч.}$$

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 июня 2022 года МРОТ составляет 15279 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда:  $15279/(7 \cdot 21) = 103,94$  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» [12].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду:  $103,94 \cdot 1,42 = 147,59$  р./ч.

$$C_{\text{пр}} = 1,8 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 273,63 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{д}} = (5 \dots 12) \cdot C_{\text{пр}} / 100, \quad (67)$$

$$C_{\text{д}} = 10 \cdot 273,63 / 100 = 27,36 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (C_{\text{пр}} + C_{\text{д}}) / 100, \quad (68)$$

$$C_{\text{соц}} = 30 \cdot (273,63 + 27,36) / 100 = 90,3 \text{ р.,}$$

$$C_{\Sigma\text{пр}} = 273,63 + 27,3 + 90,3 = 391,29 \text{ р.}$$

В таблице 15 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 15 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	273,63
Дополнительная заработная плата	23,36
Начисления на заработную плату	90,3
Итого:	391,29

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

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (69)$$

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

$Q_3$  – масса заготовки, кг» [12].

В таблице 16 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 16 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Червяк	Сталь 30ХГС	1	2,5	110	275
Червячное колесо	Бр ОЦС 5-5-5	1	4	410	1640
Итого:	–	–	–	–	1915

$$C_M = 2,5 \cdot 110 + 4 \cdot 410 = 1915 \text{ р.}$$

$$C_{O.д} = 273,63 + 1915 = 2188,63 \text{ р.}$$

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

$$C_{CB.П} = C_{CB} + C_{д.СБ} + C_{соц.СБ}, \quad (70)$$

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

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

$C_{соц.СБ}$  – страховые взносы в фонды, р» [12].

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



$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (71)$$

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

Значение определяем по формуле:

$$T_{CB} = k_C \cdot \Sigma t_{сб}, \quad (72)$$

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

$k_C$  – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [12].

По справочным данным принимаем трудоемкость сборки составных частей равной 4 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 4 = 5 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 5 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 760,08 \text{ р.,}$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 760,08 = 76 \text{ р.,}$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (760,08 + 76) = 250,82 \text{ р.}$$

$$C_{сб.л} = 760,08 + 76 + 250,82 = 1086,9 \text{ р.}$$

В таблице 17 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.

Таблица 17 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	760,08
Дополнительная заработная плата	76

Продолжение таблицы 17

Значение	Сумма, руб.
Страховые взносы в фонды	250,82
Итого	1086,9

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{OH} = \frac{(C_{PP}' \cdot R_{OH})}{100}, \quad (73)$$

где  $C_{PP}'$  – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении, р.;

$R_{OH}$  – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [12].

$$C_{PP}' = (C_{PP} + C_{CB}). \quad (74)$$

Подставив числовые значения в формулу 69 получим:

$$C_{PP}' = 391,29 + 760,08 = 1151,37 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{(1151,37 \cdot 15)}{100} = 172,7 \text{ р.}$$

Для данной конструкции необходимо приобрести следующие компоненты: вилка включения барабана лебедки с рукояткой, колодка тормоза барабана – 1 шт., трос – 1 шт., коуш – 1 шт., крюк лебедки – 1 шт., прокладки крышки картера – 5 шт., подшипник – 3 шт., метизы – 48 шт. Перечень покупных деталей представлен в таблице 18 [20].

Таблица 18 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Вилка включения барабана лебедки с рукояткой	1	1800	1800
Колодка тормоза барабана	1	1300	1300

Продолжение таблицы 18

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Трос	1	1100	1100
Коуш	1	550	550
Крюк лебедки	1	800	800
Прокладка крышки картера	4	86	344
Подшипник	3	360	1080
Метизы	48	5	240
Итого:			7214

$$C_{\text{ИД}} = 1800 + 1300 + 1100 + 550 + 800 + 344 + 1080 + 240 = 7214 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 19.

$$C_{\text{КОН}} = 1350 + 2188,63 + 1086,9 + 172,7 + 7214 = 12012,23 \text{ р.}$$

Таблица 19 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	1350
Затраты на изготовление оригинальных деталей	2188,63
Затраты на сборку	1086,9
Общепроизводственные накладные расходы	172,7
Стоимость покупных изделий (деталей)	7214
Итого:	12012,23

Общие затраты на разработку тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308 составили 12012,23 р. Стоимость комплекта с установкой на автомобиль составит (1,125 – коэффициент, учитывающий монтаж) 13513,76 р.

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

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$Э_{\text{Г}} = C_{\text{ПР}} - C_{\text{КОН}}, \quad (75)$$

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

$$\mathcal{E}_r = 90000 - 12012,23 = 77987,77 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ок} = \frac{C_{кон}}{\mathcal{E}_r}, \quad (76)$$

$$O_{ок} = \frac{12012,23}{77987,77} = 0,15 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{эф} = \mathcal{E}_r - 0,15 \cdot C_{кон} \quad (77)$$

$$\mathcal{E}_{эф} = 77987,77 - 0,15 \cdot 12012,23 = 76185,93 \text{ р.}$$

В таблице 20 представлены основные показатели проекта.

Таблица 20 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	90000	12012,23
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	77987,77
Экономический эффект	р.	–	76185,93
Срок окупаемости	год	–	0,15

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность разработки тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308 с экономической стороны.

Стоимость разработки тяговой лебёдки для грузового автомобиля ГАЗ-3308 составляет 12012,23 р., срок окупаемости равен 0,15 года, что является допустимым для данной конструкции.

## Заключение

В данном дипломном проекте была разработана тяговая автомобильная лебедка для автомобиля ГАЗ-3308.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

- рассмотрена модификация тяговой автомобильной лебедки для автомобиля ГАЗ-3308;
- определены исходные данные для расчета и компоновочная схема автомобиля. Также проведен тягово-динамический расчет автомобиля и построены соответствующие графики (внешне-скоростная характеристика, динамический фактор, топливной экономичности);
- выполнены следующие конструкторские расчеты лебедки: червячной передачи редуктора на нагрев, троса на запас прочности, карданной передачи привода лебедки. Уменьшена металлоемкость червяка (экономия 2 кг стального проката) и сокращен расход дефицитного цветного металла на червячное колесо (экономия 1 кг бронзы). Замена чугунного картера лебедки с чугунного на алюминиевый приведет к снижению массы как самого узла, так и всего автомобиля;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки тяговой лебедки для грузового автомобиля ГАЗ-3308;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена эффективность разработки тяговой лебедки для грузового автомобиля ГАЗ-3308 с экономической стороны. Стоимость разработки тяговой автомобильной лебедки для автомобиля ГАЗ-3308 составляет 12012,23 р.

## Список используемой литературы и используемых источников

1 Автотранспортные средства. Основы конструирования : учебное пособие / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», [Институт информационных технологий, машиностроения и автотранспорта] ; составители А. В. Буянкин, В. Г. Ромашко. - Кемерово : КузГТУ, 2021. - 203 с.

2 Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : В 3-х т. / В. И. Анурьев. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1982-. - 22 см. Т. 2. - М. : Машиностроение, 1982. - 584 с.

3 Блинов Е. И. Автомобиль и трактор: энергетика сложных механических систем [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / Е. И. Блинов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Московский гос. ун-т приборостроения и информатики. - Москва : МГУПИ, 2014. - 113 с.

4 Брылев И. С. Расчет систем и механизмов транспортных средств : учебное пособие для студентов, магистров, аспирантов и преподавателей строительных, технических и автомобильно-дорожных университетов по направлению подготовки и специальностям: 15.03.03 (15.04.03)-"Прикладная механика", 23.03.03 (23.04.03)-"Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", 23.03.01 (23.04.01)-"Технология транспортных процессов", 23.03.02 (23.04.02)-"Наземные транспортно-технологические комплексы", 23.05.01-"Наземные транспортно-технологические средства" / И. С. Брылев, С. А. Евтюков, П. А. Кравченко. - Санкт-Петербург : Петрополис, 2019. - 111 с.

5 Виноградов В. М. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.00.00 "Техника и технологии наземного транспорта", 20.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" (квалификация специалист) / В. М. Виноградов, А. А. Черепяхин, В. Ф. Солдатов. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2016. - 344, [1] с.

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

7 Воронов Д. Ю. Разработка сборочных технологических процессов [Электронный ресурс] : электронное учебно-методическое пособие / Д. Ю. Воронов, А. В. Щипанов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения, Кафедра "Оборудование и технологии машиностроительного производства". - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : ил.; 12 см.

8 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : практикум : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - "Наземные транспортно-технологические средства" / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им В. Г. Шухова, 2018. - 115 с.

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

10 Горшкова О. О. Электрооборудование автомобиля [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / О. О. Горшкова, Г. Н. Шпитко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тюменский индустриальный университет". - Тюмень : ТИУ, 2016. - 333 с.

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

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

13 Ковальчук Л. И. Динамика и основы конструирования автомобильных двигателей [Текст] : учебное пособие по курсовому проектированию для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», профилей подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство» и «Автомобильный сервис» всех форм обучения / Л. И. Ковальчук ;



Федеральное агентство по рыболовству, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Калининградский государственный технический университет", Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота. - Калининград : Изд-во БГАРФ, 2018. - 123 с.

14 Конструирование и эксплуатация транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / [А. Ю. Барыкин, Р. М. Галиев, А. Т. Кулаков и др.] ; Казанский федеральный университет, Набережночелнинский институт. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 2016. - 176 с.

15 Кудрявцев Е. М. Компьютерное моделирование, проектирование и расчет элементов машин и механизмов [Текст] : учебное пособие по направлению 25.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства", профиль "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование" / Е. М. Кудрявцев. - Москва : АСВ, 2018. - 327 с.

16 Макридина М. Т. Проектирование металлических конструкций [Текст] : учебное пособие для студентов направления бакалавриата 23.03.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы и специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства / М. Т. Макридина, А. А. Макридин ; М-во образования и науки Российской Федерации Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т (БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2014. - 170 с.

17 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

18 Носов С. В. Конструкции наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / С. В. Носов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2016. - 21 см.

19 Огороднов С. М. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.03.02 "Наземные транспортно-технологические комплексы" и специальности 23.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" / С. М. Огороднов, Л. Н. Орлов, В. Н. Кравец ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева". - Нижний Новгород : Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, 2017. - 284, [1] с.

20 Основы процесса производства и эксплуатации автомобилей и тракторов : учебное пособие : специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова" ; составители: А. В. Русинов [и др.]. - Саратов : Амирит, 2022. - 116 с.

21 Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

22 Потапов С. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 23.05.01 "Наземные транспортно-технологические средства" / С. И. Потапов, Е. А. Чашин ; Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Ковровская гос. технологическая акад. им. В. А. Дегтярева". - Ковров : КГТА им. В. А. Дегтярева, 2014. - 87 с.

23 Русинов А. В. Основы дизайна в машиностроении : учебное пособие для студентов обучающихся в высших учебных учреждениях по направлению подготовки "Наземные транспортно-технологические комплексы" и специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / Русинов А. В. ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова". - Саратов : ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2018. - 101 с.

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

25 Ступина Т. В. English for transport engineers = Английский язык для студентов автотранспортных специальностей : учебник для студентов, обучающихся по направлениям подготовки "Наземные транспортно-технологические комплексы", "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", "Наземные транспортно-технологические средства" / Т. В. Ступина, Г. В. Гришина. - Красноярск : СФУ, 2019. - 191 с.

26 Фиала И. Внедорожные автомобили : иллюстрированная энциклопедия / Иржи Фиала ; [пер. с чеш. яз. И. Ф. Нафтульев]. - Москва : Лабиринт Пресс, 2006. - 303, [1] с.

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

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

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

30 Genta G. The Automotive Chassis. Vol. 2: System Design / Prof. Dr. Giancarlo Genta, Prof. Dr. Lorenzo Morello. - [Without locations], Netherlands : Springer Science+Business Media, 2009. - 832 p.

31 Jazar N.R. Vehicle Dynamics: Theory and Application. - New York: Springer, 2008. - 1015 p.

32 Wong, J.Y. Theory of ground vehicles .-2nd ed., NY, 2013. - 435 p.  
Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Happpian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012.

- 600 p

Приложение А  
**Спецификация**

Формат Зона		Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание	
							Перв. примен.
<i>Документация</i>							
A1			22.ДП.ПЭА.201.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1		
A4			22.ДП.ПЭА.201.61.00.000.ПЗ	Сборочный чертеж	3		
<i>Сборочные единицы</i>							
Сбор. №		1	22.ДП.ПЭА.201.61.01.000	Картер редуктора лебедки	1		
		2	22.ДП.ПЭА.201.61.02.000	Колесо червячное редуктора лебедки	1		
		3	22.ДП.ПЭА.201.61.03.000	Крышка картера редуктора лебедки	1		
		4	22.ДП.ПЭА.201.61.04.000	Барабан лебедки	1		
		5	22.ДП.ПЭА.201.61.05.000	Картер тормоза редуктора лебедки	1		
		6	22.ДП.ПЭА.201.61.06.000	Лента тормоза редуктора лебедки	1		
		7	22.ДП.ПЭА.201.61.07.000	Крышка картера тормоза	1		
Подл. и дата		8	22.ДП.ПЭА.201.61.08.000	Угольник передний с усилителем	1		
		9	22.ДП.ПЭА.201.61.09.000	Траверса	1		
		10	22.ДП.ПЭА.201.61.10.000	Манжета вала лебедки	1		
		11	22.ДП.ПЭА.201.61.11.000	Вилка включения барабана лебедки с рукояткой	1		
Инв. № дубл.		12	22.ДП.ПЭА.201.61.12.000	Колодка тормоза барабана лебедки	1		
		13	22.ДП.ПЭА.201.61.13.000	Трос, коуш и крюк лебедки	1		
<i>Детали</i>							
Взам. инв. №		14	22.ДП.ПЭА.201.61.00.014	Гайка М10×1	2		
		22.ДП.ПЭА.201.61.00.000					
Инв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подл.	Дата	
		Разраб.	Прач				
				Тяговая лебедка для грузового автомобиля ГАЗ-3308	Лит.	Лист	Листов
						1	4
				ТГУ ИМ гр. АТС-1701z			
Н.контр.		Турбин					
Утв.		Бобровский					

Копировал

Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на тяговую лебедку для грузового автомобиля ГАЗ-3308





