

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 манипулятора для автомобилей КамАЗ

Обучающийся

А.Е. Соловьев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, профессор Л.А. Черепанов

(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 манипулятора для автомобилей КамАЗ».

Цель дипломного проекта – разработка конструкции манипулятора для автомобилей КамАЗ.

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 94 страницы 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 рассмотрены технические характеристики гидроманипуляторов МУГ-70, Синегорец-75, F65S Loclift.

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 и так далее).

В третьем разделе выполнены следующие расчеты конструкции манипулятора: центра тяжести, проектных параметров, нагрузок, возникающих конструкции.

В четвертом разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки манипулятора для автомобилей КамАЗ.

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

В шестом разделе определена эффективность разработки манипулятора для автомобилей КамАЗ с экономической стороны.

## **Abstract**

The title of the senior thesis is: «The development of a manipulator for «KamAZ» vehicles».

The aim of the project is to develop the construction of the manipulator for «KamAZ» vehicles.

The graduation project consists of six parts, introduction and conclusion, list of references, appendices, totally 94 pages with attachments.

The graphic part is on 10 A1 sheets, which performed in the automated system for the development and execution of design and project documentation «KOMPAS-Graph». The graduation work fully complies with the approved assignment.

In the first part we review the technical characteristics of hydraulic «MUG-70», «Sinegorets-75», «F65S Loclift» manipulators.

The second part defines the initial data for the calculation and the layout scheme of the vehicle. Also, the vehicle traction-dynamic properties are calculated and the corresponding graphs are built (external-speed characteristic, dynamic factor, fuel efficiency, and so on).

In the third part we perform the following calculations of the manipulator construction: the center of gravity, design parameters, loads arising in the structure.

In the fourth part we establish the selection of the technological process, determine the labor intensity, and develop the technological process for assembling the manipulator for «KamAZ» vehicles.

In the fifth part we consider the issues related to ensuring the safety and environmental friendliness of the project.

The sixth part explains the economic efficiency of the development of the manipulator for «KamAZ» vehicles.

## Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса .....	9
2 Тягово-динамический расчет автомобиля .....	14
2.1 Исходные данные для расчёта и компоновочная схема автомобиля ....	14
2.2 Внешние скоростные характеристики автомобиля .....	14
2.3 Тягово-скоростные характеристики автомобиля.....	16
2.4 Разгон и ускорение автомобиля.....	23
2.5 Расчет топливной экономичности автомобиля.....	26
3 Конструкторская часть .....	29
3.1 Расчет центра тяжести манипулятора.....	29
3.2 Расчет проектных параметров манипулятора .....	34
3.3 Расчет нагрузок манипулятора .....	38
3.4 Расчет шарнирных узлов .....	44
4 Технологический раздел.....	54
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	54
4.2 Определение трудоемкости сборки.....	56
4.3 Составление технологического процесса сборки конструкции манипулятора для автомобилей КамАЗ.....	57
5 Безопасность и экологичность технического объекта .....	61
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса ремонта грузового автомобиля при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ .....	64
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	65
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	66
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	71

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса ремонта грузового автомобиля в полевых условиях при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ.....	73
6 Экономическая эффективность проекта.....	76
Заключение .....	84
Список используемой литературы и используемых источников.....	85
Приложение А. Спецификации.....	92

## Введение

«Для любого вида техники вопрос для чего служит тот или иной механизм имеет, как правило, однозначный ответ: каток уплотняет слои дорожного покрытия, башенный кран поднимает конструкции и материалы на высотные здания, самосвал перевозит сыпучие материалы, а грейдер разравнивает и перемещает грунт. Манипулятор за такой короткий промежуток времени освоил просто немыслимое количество новых профессий. Куда проще было бы перечислить отрасли народного хозяйства, которые обходятся без услуг кранов-манипуляторов. Этому незаменимому помощнику чуть больше 77 лет. Однако, рожденный в 1944 году для выполнения двух задач одновременно (погрузить – перевезти), манипулятор, рос и развивался» [1].

«Перевозка бытовок, контейнеров, вагончиков и в морском порту, и на строительной площадке, и даже там, где прокладывают ветку газопровода возможно использовать манипулятор» [3].

Кран-манипулятор оперативно доставит на стройплощадку любые строительные материалы (ограничением будет служить только максимальная грузоподъемность). Также манипулятор может перевезти небольшие партии древесины короткомерного размера, транспортировать пострадавший автомобиль с места ДТП, и неисправную технику с дороги, и неправильно припаркованную машину.

Далее рассмотрим более подробной области применения данного вида техники.

Строительство и ремонт.

В строительной индустрии используется специальная техника (экскаватор, бетономешалка, асфальтоукладчик). Данный вид техники предназначен для узких задач, но при масштабном строительстве приходится выполнять множество сопутствующих работ, для которых не подходит специализированная техника.

Поэтому применение многофункционального устройства – необходимость для любой строительной компании. Использование крана-манипулятора позволит выполнить такие работы как: транспортировка оборудования, инструмента, возможность подъема на высоту строительных материалов или опустить в котлован материалы, убрать строительный мусор и прочие работы.

«Монтаж и демонтаж металлических конструкций. Сборно-разборные металлоконструкции – это целая отрасль строительной индустрии. От небольших оград, до гигантских вышек линий электропередач – все эти сооружения требуют сборки на месте строительства. С помощью крана-манипулятора их доставляют на площадку, поднимают на необходимую высоту и монтируют. Он же погрузит и вывезет в пункт приема металлолома демонтированные части конструкции» [1].

«Укладка дорожного покрытия из бетонных плит. Строительство дорог с покрытием из бетонных плит – сложный технологический процесс. Прежде, чем приступить к укладке плит, выполняют целый ряд подготовительных работ, формируют нижние слои «дорожного пирога», и только потом выполняют финишное покрытие. Но для того, чтобы уложить плиты аккуратно и точно «стык в стык» требуется особая сноровка. А вот этим-то навыком и обладает в полной мере кран-манипулятор: точность – одно из его главных преимуществ.

Малоэтажное строительство. Кран-манипулятор поднимет кровельные материалы на крышу, завезет строительные материалы в тесный дворик, уложит в траншею канализационные трубы и поставит на место тяжелую секцию кованой ограды» [3].

«Монтаж технологического и другого оборудования. Современные города и поселки просто не могли бы существовать без разнообразного технического оборудования. Комплексы механизмов и агрегатов обеспечивают нас теплом и светом, орошают поля и производят товары народного потребления. Любая система жизнеобеспечения, будь то система

водоснабжения или пожарная сигнализация – это цепочка взаимосвязанных устройств. Здесь тоже широкое «поле деятельности» для крана-манипулятора» [17].

Установка электрического оборудования.

«Крупные подстанции, состоящие из множества отдельных агрегатов, зачастую расположены на открытом воздухе. И монтаж каждого узла требует особой точности. Для выполнения указанных работ используют кран-манипулятор, способный поднять груз на заданную высоту и точно установить оборудование» [8].

Электрики, подсоединяющие оборудование к линии электропередач могут работать в люльке крана-манипулятора.

Использование крана-манипулятора возможно и на производственных площадках машиностроительных заводах, при помощи которого можно смонтировать сборочный конвейер, поднять тяжелые детали, переместить упаковки с комплектующими и инструментами [12].

«Свою посильную лепту в благоустройство территорий вносит кран-манипулятор. Без него невозможно ни доставить к месту работ тротуарную плитку, ни установить скульптуру, скамейку или фонтан в парке» [8].

Ремонт трубопроводов.

«Использование крана-манипулятора в коммунально-хозяйственной отрасли позволит выполнить работы по ремонту теплотрасс, систем водоснабжения и канализации. Привезти на место отрезки новых труб, поднять на поверхность изношенный участок трубопровода и заменить его новым – все это вполне по силам манипулятору» [4].

Список отраслей, в которых успешно используются краны-манипуляторы, обширен, а объединение возможностей погрузочного устройства и грузового транспорта, кажется интересной задачей для выпускной квалификационной работы (далее – ВКР), в том числе по той причине, что расходы на приобретение, содержание и обслуживания двух устройств выше, следовательно, в данной ВКР будет рассмотрена разработка манипулятора для автомобилей КамАЗ.



## 1 Состояние вопроса

В данной работе рассматриваются модели зарубежных манипуляторов и новые модели отечественных манипуляторов Синегорец-74 и МУГ-70.

«Манипулятор F65S Loclift нашел довольно широкое применение в лесной промышленности Дальнего Востока. Он отличается очень высокой степенью надежности, но недостатком в условиях России может служить достаточно высокая стоимость. Манипуляторы Синегорец-75 и МУГ-70 имеют низкую стоимость по сравнению с F65S Loclift, они менее надежны.

Основные габаритные размеры и схема выноса манипулятора F65S Loclift представлены на рисунке 1 и рисунке 2.

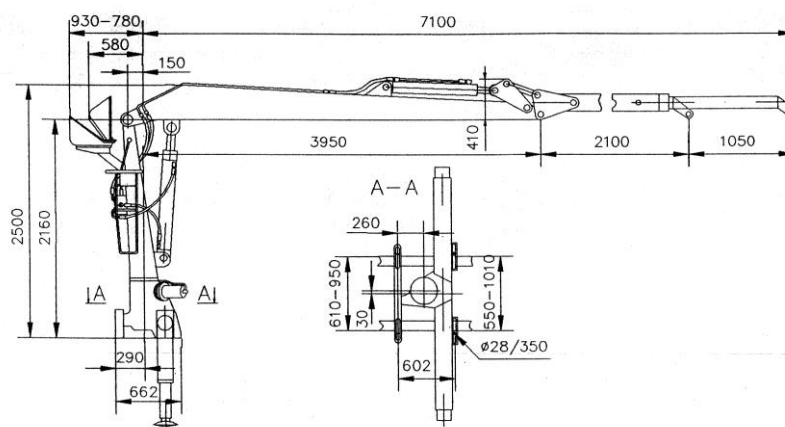


Рисунок 1 – Габаритные размеры манипулятора F65S Loclift

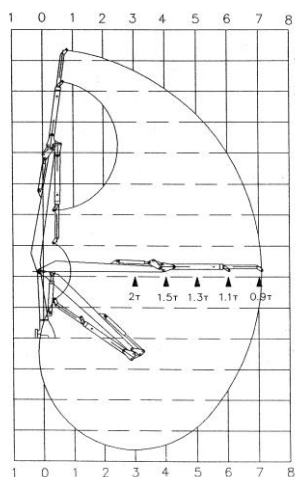


Рисунок 2 – Схема выноса манипулятора F65S Loclift

Технические параметры манипулятора F65S Loclift представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические параметры манипулятора F65S Loclift [5]

Параметр	Значение			
Подъемный момент (17 МПа), кН·м:				
– брутто	90			
– нетто	65			
Максимальный вылет, мм	7100			
Ход удлинения стрелы, мм	1050			
Момент поворота, мм	16			
Угол поворота, град.	415			
Высота: днище – верхний шарнир стойки, мм	2160			
Транспортная высота, мм	2500			
Транспортная ширина, мм				
– аутригеры SY	2400			
– аутригеры ET	2480			
Расстояние между аутригерами, мм				
– аутригеры SY	2660			
– аутригеры ET	2240			
Вес без масла и грейфера, кг	1550			
Рекомендации на насос:				
– рабочее давление, МПа	17			
– производительность, л/мин	50-70			
– потребляемая мощность, кВт	20» [33].			
Снаряжение				
«Ротаторы	F3	MR6F	GV10	
Угол поворота, град.	300	не ограничен		
Поворотный момент, кНм/МПа	1,14/15	1,19/17	1,7/17	
Вес, кг	35	57	50	
Грейферы для древесины	U35	U50	A35	A50
Усилие челюстей, кН	14	12	14,5	12,8
Поперечное сечение, м <sup>2</sup>	0,35	0,5	0,35	0,5
Масса, кг	210	220	190	200» [5]

«Основные габаритные размеры и схема выноса манипулятора Синегорец-75 представлены на рисунках 3, 4.

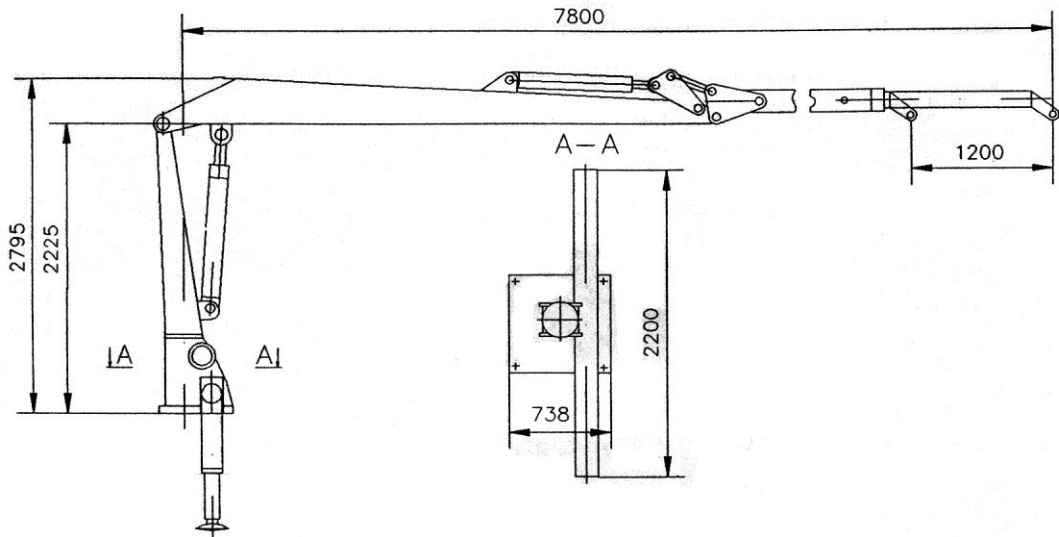


Рисунок 3 – Габаритные размеры манипулятора Синегорец-75

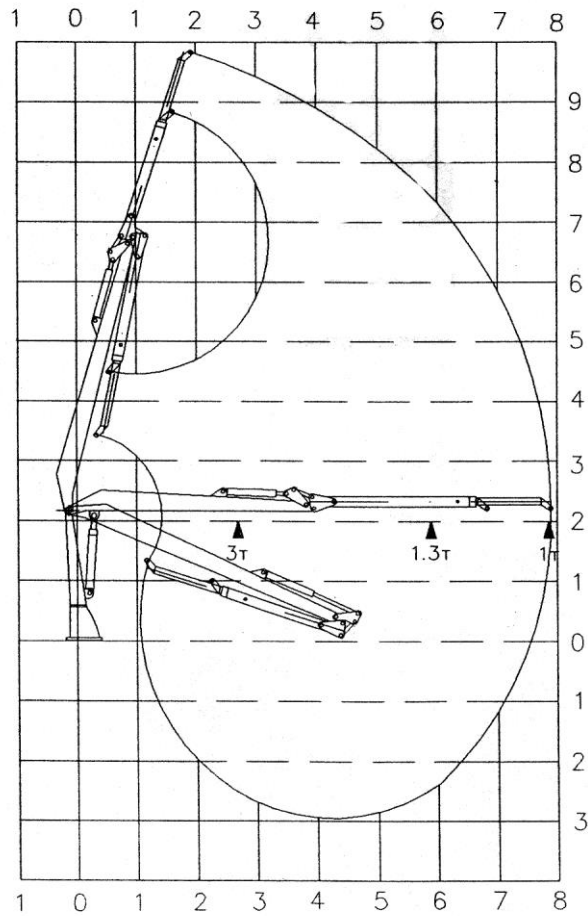


Рисунок 4 – Схема выноса

Технические параметры манипулятора Снегорец-75 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические параметры манипулятора Синегорец-75 [2]

Наименование параметра	Значение
Подъемный момент, кНм	75
Максимальный вылет, мм	7800
Ход удлинения стрелы, мм	1200
Момент поворота, кНм	16
Угол поворота, град.	380
Транспортная высота, мм	2975
Транспортная ширина, мм	2300
Расстояние между аутригерами, мм	2500
Вес без масла и грейфера, кг	1950
Требования к насосу: рабочее давление, МПа производительность, л/мин потребляемая мощность, кВт	19 34-60 25
<b>Снаряжение</b>	
Ротатор: Угол поворота, град. Вес, кг	280 40,5
Грейфер: Поперечное сечение, м <sup>2</sup> Масса, кг	0,5/0,35 305/200» [2]

«Основные габаритные размеры и схема выноса манипулятора МУГ-70 представлены на рисунках 5, 6.

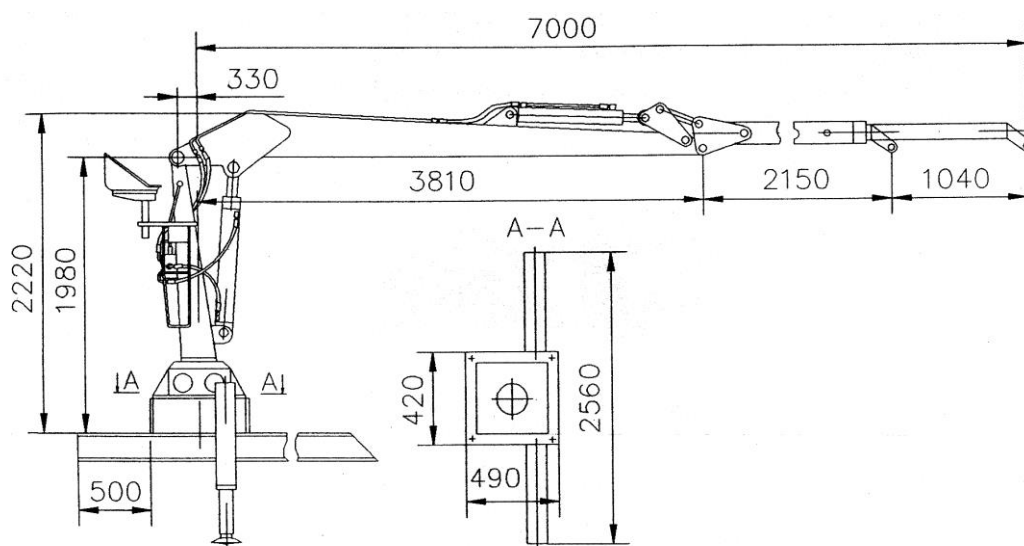


Рисунок 5 – Габаритные размеры манипулятора МУГ-70

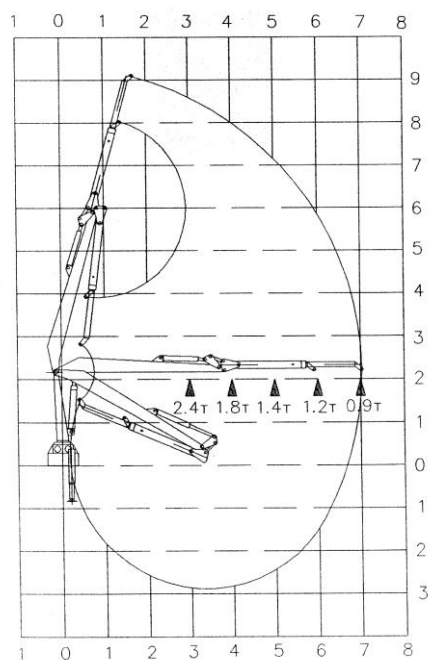


Рисунок 6 – Схема выноса

Технические параметры манипулятора МУГ-70 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические параметры манипулятора МУГ-70 [20]

Параметр	Значение
Подъемный момент не менее, кН·м	75
Максимальный вылет не менее, мм	7000
Угол поворота не менее, град.	360
Транспортная длина, мм	4800
Транспортная ширина, мм	2800
Транспортная высота, мм	2700
Расстояние между аутригерами, мм	2830
Масса без комплектов ЗИП и изделий для монтажа, кг	2750
Рабочее давление насоса, МПа	19
Угол поворота ротатора, град.	300±5» [20]

Выводы по разделу.

В разделе «Состояние вопроса» рассмотрены технические характеристики гидроманипуляторов МУГ-70, Синегорец-75, F65S Loclift.

## 2 Тягово-динамический расчет автомобиля

### 2.1 Исходные данные для расчёта и компоновочная схема автомобиля

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

Все необходимые для расчета данные, заносим в таблицу 4.

Таблица 4 – Характеристики основных параметров

Параметр, размерность, обозначение	Значение
Модель грузового автомобиля	КамАЗ-65225
Колёсная формула	6×4
Собственная масса, кг	11150
в том числе: на переднюю/ заднюю ось	5200/5950
Полная масса, кг	28300
в том числе: на переднюю/заднюю ось	6900/21400
База, м	3515
Габаритные размеры, длина/ширина/высота, м	7280/2900/3510
Дорожный просвет, мм	308
Внешний габаритный радиус поворота, м	11,5
Максимальная скорость, км/ч	110
Контрольный расход топлива, при 60 км/ч, л/100км	35
Двигатель	дизельный с турбонаддувом
Число и расположение цилиндров	V-образный, 8 цилиндров
Максимальная мощность двигателя, кВт	154,4
Максимальный крутящий момент, Н·м	550» [5].

### 2.2 Внешние скоростные характеристики автомобиля

«Исходные данные для расчёта внешних характеристик двигателя представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Исходные данные для расчёта внешних характеристик двигателя

Параметр	Единицы измерения	Обозначение	Значение
Автомобиль (марка)	-	-	КАМАЗ-65225
Максимальная мощность	кВт (л/с)	$N_{max}$	154,4 (210)

Продолжение таблицы 5

Параметр	Единицы измерения	Обозначение	Значение
Коэффициенты в уравнении мощности	-	<i>a</i>	0,53
		<i>b</i>	1,56
		<i>c</i>	1,09
Минимальная частота вращения	об/мин	<i>n</i> <sub>min</sub>	600
Максимальная частота вращения	об/мин	<i>n</i> <sub>max</sub>	3500» [5].

«Внешние скоростные (стендовые) характеристики двигателя, представляющие собой зависимости от частоты вращения коленчатого вала мощности и крутящего момента, рассчитываются для всего возможного диапазона оборотов и наносятся на график.

Расчёт выполняется по формулам:

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

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

где  $n_e$  – текущее значение частоты вращения коленчатого вала;

$N_e$  – текущие мощности двигателя;

$N_{\max}$  – максимальное значение мощности двигателя;

$a, b, c$  – коэффициенты, учитывающие тип двигателя, форму камеры сгорания, для дизельных двигателей коэффициенты равны 1» [27].

Данные расчетов заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Расчётные значения внешних скоростных характеристик

Параметр	Значение частоты вращения коленчатого вала при оборотах, об/мин						
	600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
Отношение текущей и максимальной частоте вращения	0,17	0,29	0,43	0,57	0,74	0,86	1,00

## Продолжение таблицы 6

Параметр	Значение частоты вращения коленчатого вала при оборотах, об/мин						
	600	1000	1500	2000	2600	3000	3500
Отношения текущей и максимальной частоте вращения в квадрате	0,029	0,082	0,184	0,326	0,552	0,735	1,00
Отношение текущей и максимальной частоте вращения в кубе	0,0050	0,0233	0,0788	0,1865	0,4101	0,6301	1,00
Мощность двигателя, кВт	20,2	39,1	66,1	94,0	124,7	141,1	154,4
Крутящий момент, Н·м	322,4	373,6	420,6	448,9	458,1	449,2	421,3

### 2.3 Тягово-скоростные характеристики автомобиля

«Тягово-скоростные характеристики, к которым относятся скорость движения, тяговые усилия на ведущих колесах и динамический фактор автомобиля, определяются по рассчитанным внешним скоростным характеристикам. Расчет выполняется для всех передач, и на основании полученных результатов делается заключение о тяговых и динамических свойствах автомобиля (таблица 7).

Таблица 7 – Исходные данные для расчета тягово-скоростных характеристик автомобиля

Параметр	Значение
Радиус качения	0,488
Передаточное число главной передачи	5,94
Передаточное число трансмиссии	-
Первичная передача	7,82
Вторичная передача	4,03
Третья передача	2,5
Четвертая передача	1,53
Пятая передача	1,00
КПД трансмиссии	0,85» [25]

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



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

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

Производим расчеты характеристик автомобиля на передачах и заносим в таблицу 8:

Таблица 8 – Расчётные значения тягово-скоростных характеристик

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

Сила сопротивления качения определяется по формуле.

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

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

Сила сопротивления дороги определяется по формуле.

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

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

«Сила сопротивления воздуха определяется по формуле.

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

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

$F_B$  – лобовая площадь,  $7,39 \text{ м}^2$  » [27].

Сила сопротивления воздуха рассчитываем для различных скоростей:

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

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

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

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

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

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

Сила сопротивления дороги определяется по формуле:

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

$$P_{D10} = 2250,7 \text{ Н},$$

$$P_{D30} = 2257,6 \text{ Н},$$

$$P_{D50} = 2271,5 \text{ Н},$$

$$P_{D70} = 2292,4 \text{ Н},$$

$$P_{D90} = 2320,1 \text{ Н},$$

$$P_{д110} = 2354,9 \text{ Н.}$$

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

$$N_T = N_E \cdot \eta, \quad (9)$$

$$N_{T1} = 29,34 \cdot 0,85 = 24,94 \text{ кВт},$$

$$N_{T2} = 57,25 \cdot 0,85 = 48,66 \text{ кВт},$$

$$N_{T3} = 95,73 \cdot 0,85 = 81,37 \text{ кВт},$$

$$N_{T4} = 131,24 \cdot 0,85 = 111,55 \text{ кВт},$$

$$N_{T5} = 154,4 \cdot 0,85 = 131,24 \text{ кВт},$$

$$N_{T6} = 163,66 \cdot 0,85 = 139,11 \text{ кВт},$$

$$N_{T7} = 135,87 \cdot 0,85 = 115,49 \text{ кВт}.$$

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

$$N_D = \frac{P_D \cdot V}{3600}, \quad (10)$$

$$N_{D10} = 6,25 \text{ кВт},$$

$$N_{D30} = 18,81 \text{ кВт},$$

$$N_{D50} = 31,55 \text{ кВт},$$

$$N_{D70} = 44,57 \text{ кВт},$$

$$N_{D90} = 58 \text{ кВт},$$

$$N_{D110} = 68,78 \text{ кВт}.$$

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

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

$$N_{B10} = 0,095 \text{ кВт},$$

$$N_{B30} = 2,56 \text{ кВт},$$

$$N_{B50} = 11,84 \text{ кВт},$$

$$N_{B70} = 32,49 \text{ кВт},$$

$$N_{B90} = 69,05 \text{ кВт},$$

$$N_{B110} = 126,08 \text{ кВт}.$$

Сила сопротивления воздуха для каждой передачи определяется по формуле:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Рассчитываем динамическую характеристику автомобиля по формуле:

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

где  $P_T$  – тяговая сила на  $i$  передачи;

Рассчитаем силу сцепления с дорогой по формуле.

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

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

$G_a$  – полная масса автомобиля,

$\varphi_x$  – коэффициент предельного сцепления, принимается от 0,1 до 0,7 [6];

$m_p^i$  – коэффициент перераспределения массы, для задней, ведущей оси автомобиля» [27].

## 2.4 Разгон и ускорение автомобиля

«К характеристикам разгона и ускорения, подлежащим расчету, относятся следующие: ускорения автомобиля на разных передачах; скорости, при которых происходит переключение передач; время и путь разгона до предельной скорости» [27].

«Рассчитаем ускорения проектируемого автомобиля:

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

где  $\delta_{врт.}$  – коэффициент учета вращающихся масс на  $m$ -ой передаче.

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

где  $i_{TP}^2$  – передаточное отношение на  $m$ -ой передаче» [27].

Подставляем значения в формулы (13, 14, 15 16), рассчитываем и заносим результаты в таблицу 9.

Таблица 9 – Расчетные данные

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

«Расчет времени разгона проектируемого автомобиля.

При проведении расчетов принимается, что разгон на каждой передаче производится при открытой дроссельной заслонке от  $\min$  до  $\max$  частоты вращения коленчатого вала.

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

где  $J_i$  – ускорение в начале интервала скорости;

$J_{i+1}$  – ускорение в конце интервала скорости» [27].

«Расчет средней скорости проектируемого автомобиля:

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



Определяем время разгона проектируемого автомобиля на каждом участке:

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

где  $\Delta V_i$  – разность скоростей в начале и в конце  $i$  передачи» [27].

Путь разгона автомобиля определяется по формуле:

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

Производим расчеты по формулам (17, 18, 19, 20) и для каждой передачи и заносим в таблицу 10.

Таблица 10 – Разгон автомобиля

Передача	$n_i$ , об/мин	$V_i$ , км/ч	$V_{i+1}$ , км/ч	$V_{CP}$ , м/с	$J_i$	$J_{i+1}$	$J_{CP,i}$	$\Delta t_i$	$\Delta S$
Первая	600	2,38	3,97	0,88	1,27	1,51	1,39	1,14	1
	1000	3,97	5,96	1,38	1,51	1,68	1,6	1,24	1,71
	1500	5,96	7,94	1,93	1,68	1,73	1,71	1,16	2,4
	2000	7,94	10,32	2,54	1,73	1,56	1,65	1,44	3,66
	2600	10,32	11,91	3,09	1,56	1,44	1,5	1,06	3,28
	3000	11,91	13,9	3,59	1,44	1	1,22	1,63	5,85
	3500	13,9	–	–	1	–	–	–	–
Вторая	600	4,63	7,71	1,71	1,41	1,68	1,55	1,99	3,4
	1000	7,71	11,57	2,68	1,68	1,89	1,79	2,16	5,79
	1500	11,57	15,42	3,76	1,89	1,95	1,92	2,01	7,54
	2000	15,42	20,05	4,93	1,95	1,75	1,85	2,5	12,33
	2600	20,05	23,13	4	1,73	1,57	1,65	1,87	7,47
	3000	23,13	26,99	6,96	1,57	1,09	1,33	2,9	20,18
	3500	26,99	–	–	1,09	–	–	–	–
Третья	600	7,45	12,42	2,76	1,13	1,35	1,24	4,01	11,07
	1000	12,42	18,63	4,31	1,35	1,57	1,46	4,25	18,32
	1500	18,63	24,84	6,04	1,57	1,57	1,57	3,96	23,92
	2000	24,84	32,29	7,94	1,57	1,43	1,5	4,97	39,46
	2600	32,29	37,26	9,66	1,43	1,28	1,36	3,65	35,26
	3000	37,26	43,47	11,21	1,28	0,77	1,03	6,03	67,6
	3500	43,47	–	–	0,77	–	–	–	–

Продолжение таблицы 10

Передача	$n_i$ , об/мин	$V_i$ , км/ч	$V_{i+1}$ , км/ч	$V_{CP}$ , м/с	$J_i$	$J_{i+1}$	$J_{CP,i}$	$\Delta t_i$	$\Delta S$
Четвертая	600	12,18	20,3	4,51	0,81	0,89	0,85	9,55	43,07
	1000	20,3	30,45	7,05	0,89	0,98	0,94	10,8	76,14
	1500	30,45	40,59	9,87	0,98	1,07	1,03	9,84	97,12
	2000	40,59	52,77	12,97	1,07	0,89	0,98	12,43	161,22
	2600	52,77	60,89	15,79	0,89	0,72	0,81	10,02	158,22
	3000	60,89	71,04	18,33	0,72	0,38	0,55	18,45	338,19
	3600	71,04	–	–	0,38	–	–	–	–
Пятая	600	18,63	31,06	6,9	0,5	0,59	0,55	22,6	155,94
	1000	31,06	45,58	10,64	0,59	0,59	0,59	24,61	261,85
	1500	45,58	62,11	14,96	0,59	0,5	0,55	30,05	449,55
	2000	62,11	80,74	19,84	0,5	0,32	0,41	45,44	901,53
	2600	80,74	93,17	24,16	0,32	0,23	0,28	44,39	1072,5
	3000	93,17	–	–	0,23	–	–	–	–
	3500	–	–	–	–	–	–	–	–

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

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

где  $V_H$  – скорость в начале переключения передач, определяется по формуле (23)» [27].

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

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

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

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

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

## 2.5 Расчет топливной экономичности автомобиля

«Топливная экономическая характеристика представляет собой график зависимости путевого расхода топлива от скорости движения для различных дорожных условий. Путевой расход топлива определяется формуле:

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

где  $\rho_T$  – плотность топлива для бензина 740 кг/м<sup>3</sup> (0,74 кг/л), для дизельного топлива 800 кг/м<sup>3</sup> (0,8 кг/л)» [18].

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

$$g_e = g_N \cdot K_{об.} \cdot K_{и.} \quad (24)$$

где  $g_N$  – удельный расход топлива при максимальной мощности двигателя, для дизельного топлива равен 258,4 г/кВт·ч;

$K_{и.}$  – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива от степени использования мощности» [18].

«Известно, что рациональным режимом движения с точки зрения топливной экономичности является 0,8 от максимальной мощности, соответственно, удельный и путевой расход топлива для данных режимов движения определяется по формуле:

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

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

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

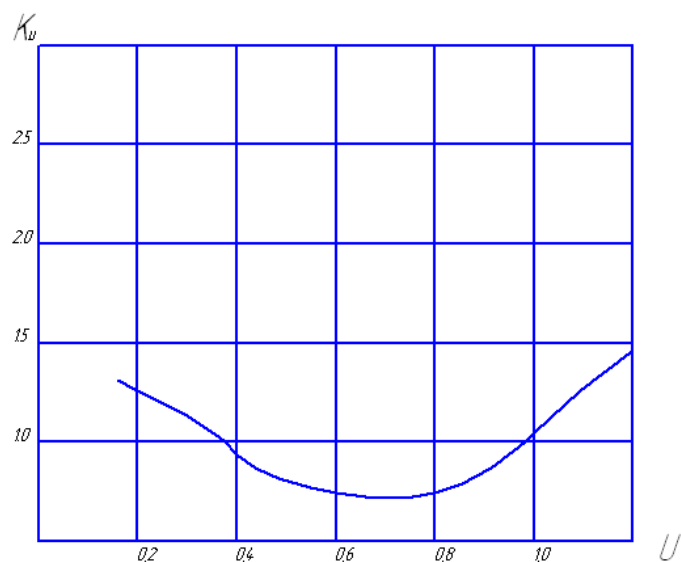


Рисунок 7 – График зависимости коэффициента, учитывающего изменение удельного расхода топлива от степени использования мощности

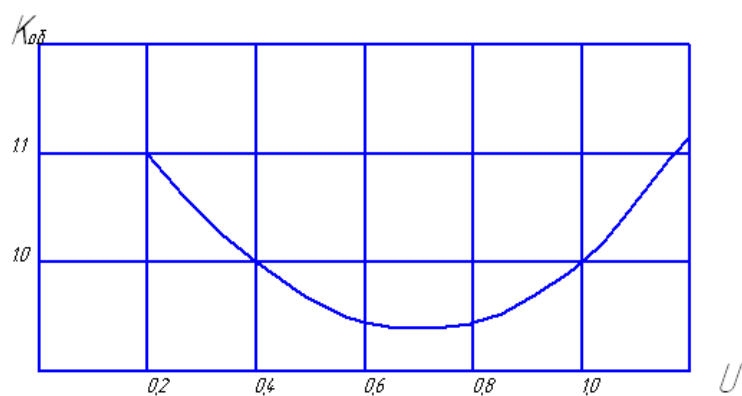


Рисунок 8 – График зависимости коэффициента, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности» [21]

Выводы по разделу.

В данном разделе проведен тягово-динамический расчет автомобиля и построены соответствующие графики (внешне-скоростная характеристика, динамический фактор, топливной экономичности и так далее), которые представлены в графической части работы на листах формата А1.

### 3 Конструкторская часть

#### 3.1 Расчет центра тяжести манипулятора

«Расчетная схема манипулятора изображена на рисунке 9.

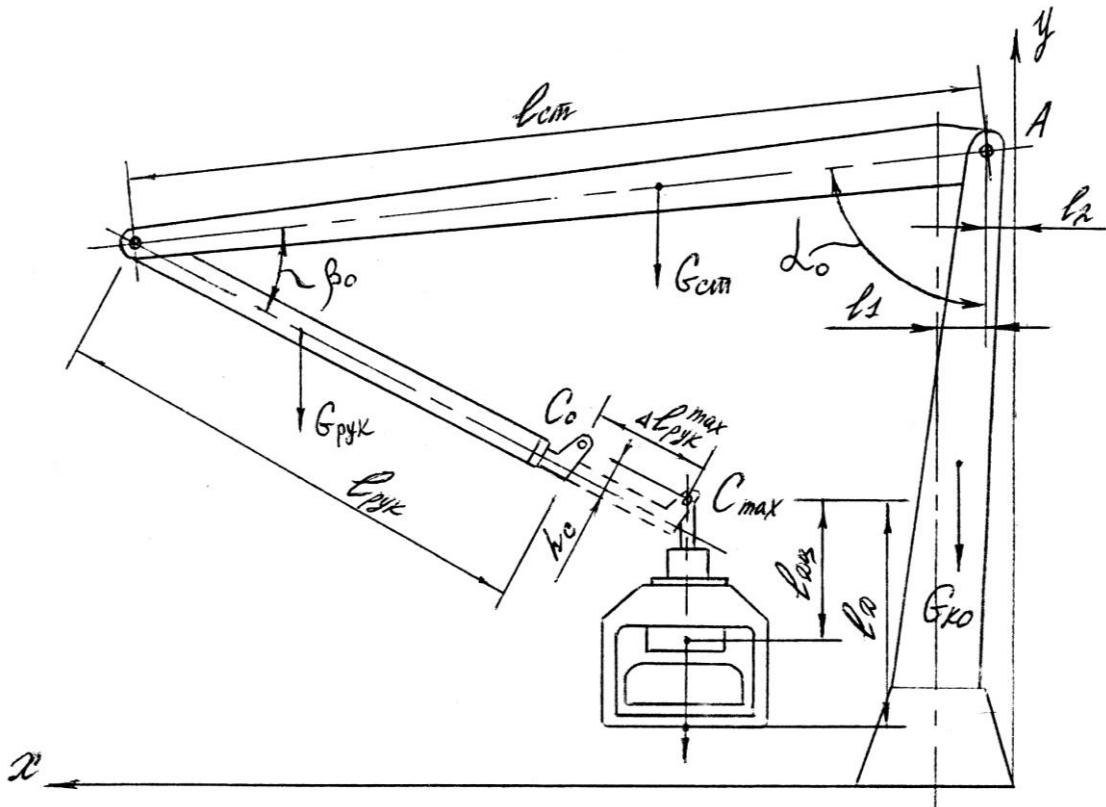


Рисунок 9 – Исходные данные для расчета центра тяжести манипулятора

Исходные данные для расчета:

- $X_A, Y_A$  – координаты точки А;
- $X_{АЦ}, Y_{АЦ}$  – координаты центра тяжести колонны;
- $G_{ко}$  – сила тяжести колонны, кН;
- $\alpha_0$  – минимальный угол подъема стрелы;
- $\alpha_{max}$  – максимальный угол подъема стрелы;
- $l_{cm}$  – длина стрелы, мм;

- $l_{\text{сц}}$  – расстояние от точки А до центра тяжести стрелы, мм;
- $G_{\text{сц}}$  – сила тяжести стрелы, кН;
- $\beta_0$  – минимальный угол выноса рукояти;
- $\beta_{\text{max}}$  – максимальный угол выноса рукояти;
- $l_{\text{рук}}^0$  – минимальная длина рукояти (удлинитель задвинут), мм;
- $l_{\text{рук}}^{\text{max}}$  – максимальная длина рукояти (удлинитель выдвинут), мм;
- $l_{\text{сц}}^0$  – расстояние от точки В до центра тяжести рукояти при задвинутом удлинителе, мм;
- $l_{\text{сц}}^{\text{max}}$  – расстояние от точки В до центра тяжести рукояти при выдвинутом удлинителе, мм;
- $G_{\text{рук}}$  – сила тяжести рукояти, кН;
- $h_c$  – высота от оси рукояти до точки С, мм;
- $k$  – коэффициент, равный отношению изменения расстояния  $l_{\text{сц}}$  к изменению расстояния  $l_{\text{рук}}$ ;
- $l_{\text{д}}$  – расстояние от точки С до нижней точки грейфера, мм;
- $l_{\text{дц}}$  – расстояние от точки С до центра тяжести грейфера, ротатора и подвески, мм;
- $G_3$  – сила тяжести захвата (грейфера), кН;
- $\pm \delta$  – угол отклонения захвата (отклонение в сторону начала координат – знак "минус")» [30].

«Расчет центра тяжести стрелы.

Расчет сводится к определению координат центра тяжести стрелы и определению координат центра тяжести точки В для возможности построения траектории движения стрелы при различных значениях угла  $\alpha$ . Расчетная схема изображена на рисунке 10.

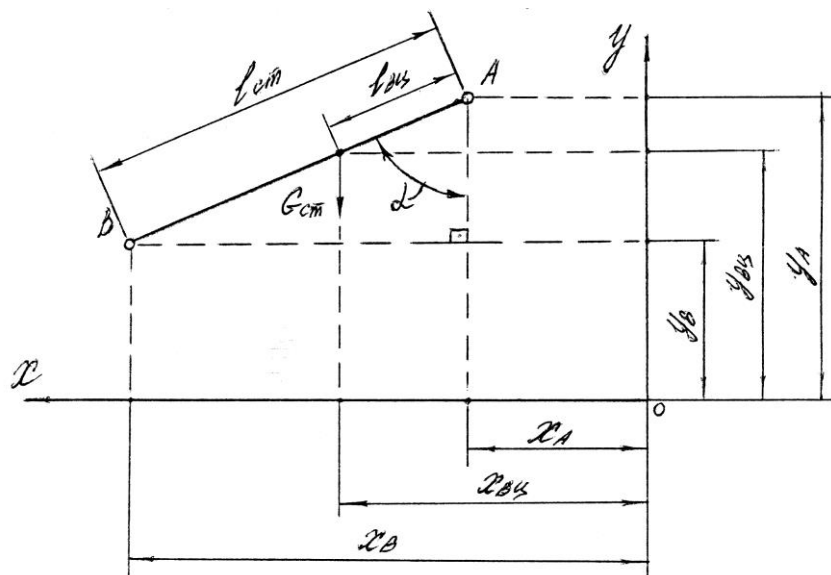


Рисунок 10 – Схема определения координат центра тяжести стрелы

Координаты центра тяжести определяются по формулам:

$$X_{BЦ} = X_A + l_{BЦ} \cdot \sin \alpha, \quad (26)$$

$$Y_{BЦ} = Y_A + l_{BЦ} \cdot \cos \alpha. \quad (27)$$

Координаты точки В определяются по формулам:

$$X_B = X_A + l_{cm} \cdot \sin \alpha, \quad (28)$$

$$Y_B = Y_A + l_{cm} \cdot \cos \alpha. \quad (29)$$

Расчет центра тяжести рукояти.

Расчет сводится к определению центра тяжести рукояти и координат точки С в зависимости от угла выноса рукояти  $\beta$  и расстояния вылета удлинителя.

Расчетная схема представлена на рисунке 11.

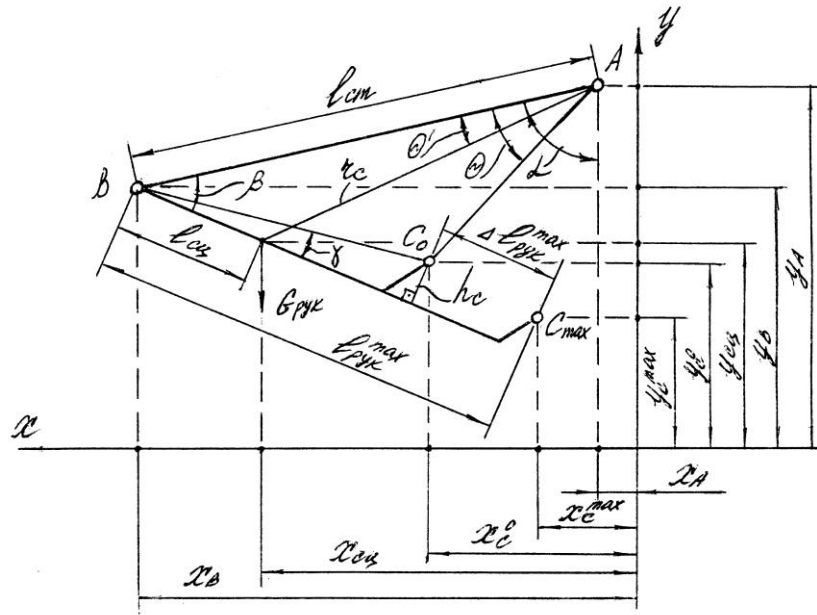


Рисунок 11 – Схема определения координат центра тяжести рукояти

Координаты точки С определяются по формулам:

$$X_C = X_A + AC \cdot \sin[(\alpha_0 + \Delta\alpha) - \Theta], \quad (30)$$

$$Y_C = Y_A + AC \cdot \cos[(\alpha_0 + \Delta\alpha) - \Theta], \quad (31)$$

где  $AC = \sqrt{BC^2 + l_{cm}^2 - 2BC \cdot l_{cm} \cdot \cos[(\beta_0 + \Delta\beta) - \gamma]}$ , здесь

$$BC = \sqrt{h_c^2 + (l_{рук}^0 + \Delta l_{рук})^2}, \quad \gamma = \arctg \frac{h_c}{l_{рук}^0 + \Delta l_{рук}};$$

$$\Theta = \arccos \frac{l_{cm}^2 + AC^2 - BC^2}{2 \cdot l_{cm} \cdot AC}.$$

Координаты центра тяжести рукояти манипулятора определяются по формулам:

$$X_{сц} = X_A + r_C \cdot \sin[(\alpha_0 + \Delta\alpha) - \Theta'], \quad (32)$$

$$Y_{сц} = Y_A + r_C \cdot \cos[(\alpha_0 + \Delta\alpha) - \Theta'], \quad (33)$$



где  $r_C = \sqrt{l_{cu}^2 + l_{cm}^2 - 2l_{cu} \cdot l_{cm} \cdot \cos(\beta_0 + \Delta\beta)}$  ;

$$\Theta = \arccos \frac{l_{cm}^2 + r_C^2 - l_{cu}^2}{2 \cdot l_{cm} \cdot r_C}, \text{ здесь } l_{cu} = l_{cu}^0 + k \cdot \Delta l_{рук}.$$

Расчет координат центра тяжести клещевого захвата.

Расчет сводится к определению координат нижней точки захвата Д и координат центра тяжести клещевого захвата с ротатором» [12].

Расчетная схема представлена на рисунке 12.

«Координаты точки Д определяются по формулам:

$$X_D = X_C + l_D \cdot \sin \delta, \quad (34)$$

$$Y_D = Y_C + l_D \cdot \cos \delta. \quad (35)$$

Координаты точки центра тяжести захвата определяются по формулам:

$$X_{щ} = X_C + l_{щ} \cdot \sin \delta, \quad (36)$$

$$Y_{щ} = Y_C + l_{щ} \cdot \cos \delta. \quad (37)$$

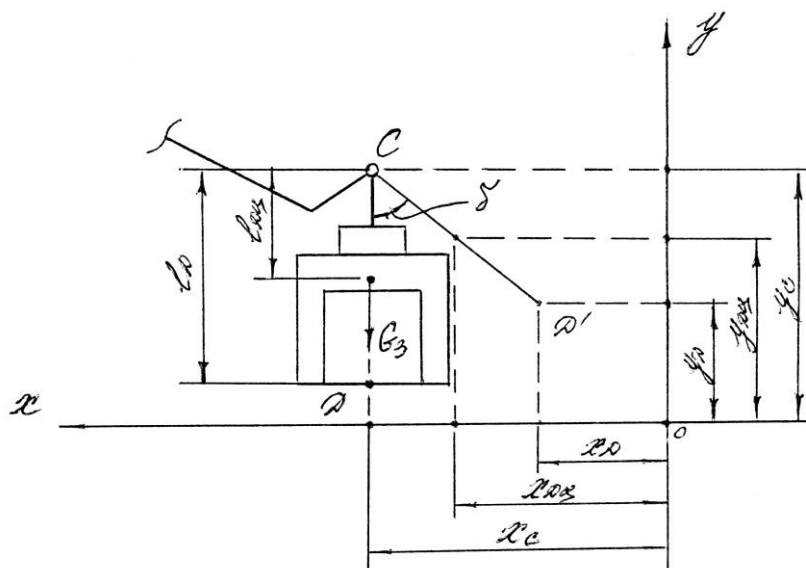


Рисунок 12 – Схема определения координат центра тяжести клещевого захвата

Изменение координат центра тяжести манипулятора.

При вращении колонны манипулятора вокруг своей оси необходимо вводить третью пространственную координату  $Z$  и делать поправку в других координатах центра тяжести из-за их изменения в результате этого вращения» [16].

Расчетная схема изображена на рисунке 13.

Координаты точки  $A$  при повороте колонны на угол  $\varphi$  определяются по формулам:

$$X_A = X_A^0 + l_1 - l_1 \cos \varphi, \quad (38)$$

$$Z_A = l_1 \sin \varphi. \quad (39)$$

$$Y_A = Y_A^0.$$

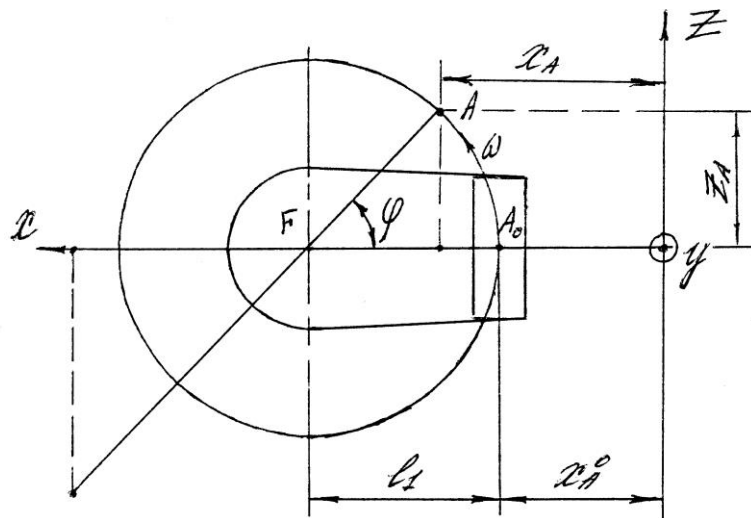


Рисунок 13 – Схема изменения координат при вращении колонны

### 3.2 Расчет проектных параметров манипулятора

«Технические параметры для расчета:

- $G_3^0 = 2,45$  кН – сила тяжести клещевого захвата,
- $G_{рук} = 0,59$  кН – сила тяжести рукояти с удлинителем и гидроцилиндром удлинителя,

- $G_{cm} = 1,76$  кН – сила тяжести стрелы,
- $G_C = 0,29$  кН – сила тяжести механизмов складывания стрелы,
- $G_{cp} = 0,78$  кН – сила тяжести гидроцилиндра рукояти,
- $G_{rc} = 0,98$  кН – сила тяжести гидроцилиндра стрелы,
- $L_3, L_{пук}, L_{cm}, L_c, L_{cp}, L_{rc}$  – плечи указанных выше сил для трех положений манипулятора (приведенных в таблице 11, относительно шарнира В и в таблице 12– относительно шарнира С),
- $h_1, h_2, h_3$  – плечи усилий в механизме складывания относительно шарниров С и С' (рисунок 14). Значения для трех положений манипулятора приведены в таблице 13,
- $H$  – плечо действия усилия  $P_{zc}$ , развиваемого гидроцилиндрами стрелы, относительно шарнира В (рисунок 14).

Указанные плечи сил для трех положений манипулятора рассчитываются аналитически, исходя из экспериментально найденных расстояний между осями различных шарниров манипулятора» [21].

«Расчетная схема манипулятора представлена на рисунке 14.

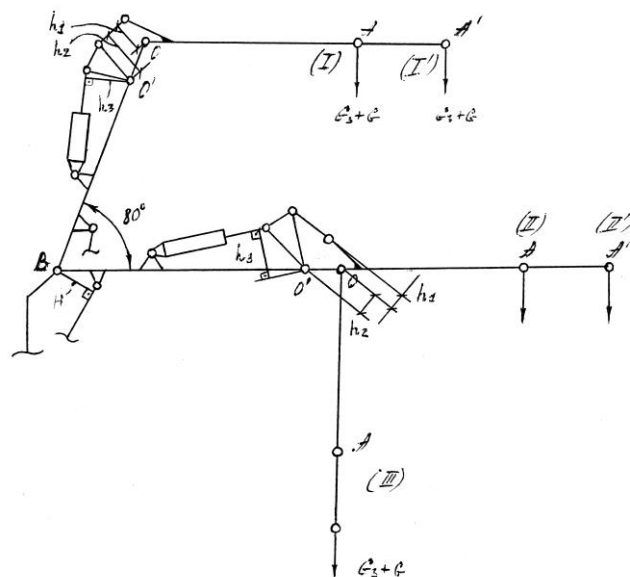


Рисунок 14 – Расчетная схема манипулятора для трех положений

Максимальное усилие, развиваемое поршневой полостью гидроцилиндра стрелы, определяется по формуле:

$$P_{zc} = \frac{2\pi \cdot D^2 \bar{\rho}}{4} \eta, \quad (40)$$

где  $D$  – диаметр поршня гидроцилиндра стрелы, равна 125 м;

$\bar{\rho}$  – давление рабочей жидкости, равно 17,5 МПа;

$\eta$  – КПД гидроцилиндра, равен 0,92» [13].

Таким образом:

$$P_{zc} = \frac{2\pi \cdot 125^2 \cdot 17,5}{4} 0,92 = 395,2 \text{ кН}.$$

«Максимальное усилие  $P_{cp}$ , развиваемое штоковой полостью гидроцилиндра рукоятки манипулятора определяется по формуле:

$$P_{zc} = \frac{2\pi \cdot (D^2 - d^2) \bar{\rho}}{4} \eta, \quad (41)$$

где  $D$  – диаметр поршня гидроцилиндра рукоятки, равен 0,115 м;

$d$  – диаметр штока гидроцилиндра рукоятки, равен 0,06 м» [15].

Следовательно:

$$P_{zc} = \frac{2\pi \cdot (0,115^2 - 0,06^2) \cdot 17,5}{4} 0,92 = 243,4 \text{ кН}.$$

«Рассматривая сумму моментов относительно шарнира В, и учитывая потерю мощности в шарнирах при трении выводится формула для

определения грузоподъемности манипулятора, которую позволяет каждый из гидроцилиндров.

Для гидроцилиндра стрелы:

$$G_c = \frac{H \cdot P_{zc}}{L_3(1 + \eta_{об})} - \frac{\sum_{i=1}^6 M_i}{L_3}, \quad (42)$$

где  $\eta_{об} = 0,9^n$ , здесь  $n = 3$  – количество шарниров, трение которых необходимо преодолеть гидроцилиндру стрелы. Тогда  $\eta_{об} = 0,9^3 = 0,73$ » [16].

«Для гидроцилиндра рукояти:

$$G_c = \frac{P_{zc} \frac{h_1 \cdot h_3}{h_2}}{L_3(1 + \eta_{об})} - \frac{\sum_{i=1}^6 M_i}{L_3}, \quad (43)$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 11 и таблицу 12.

Таблица 11 – Параметры манипулятора относительно шарнира В

Параметры	Положения манипулятора				
	I	I'	II	II'	III
$L_3$ , м	2,81	3,86	6,2	7,23	7,05
$M_1$ , кН·м	6,89	2,46	15,19	17,76	9,82
$L_{рук}$ , м	1,53	1,97	5,01	5,54	4,16
$M_2$ , кН·м	0,9	1,16	2,56	3,21	2,45
$L_{см}$ , м	0,04	0,04	1,07	1,67	1,07
$M_3$ , кН·м	0,07	0,07	2,94	2,94	2,94
$L_c$ , м	0,71	0,71	3,85	3,85	7,08
$M_4$ , кН·м	0,21	0,21	1,12	1,12	1,18
$L_{зп}$ , м	0,21	0,21	3,04	3,04	2,6
$M_5$ , м	0,16	0,16	2,37	2,37	2,03
$L_{rc}$ , м	0,24	0,24	0,85	0,85	0,85
$M_6$ , кН·м	0,24	0,24	0,83	0,83	0,83

Таблица 12 – Параметры манипулятора относительно шарнира С

Параметры	Положения манипулятора				
	I	I'	II	II'	III
$H$ , м	0,2	0,2	0,43	0,43	0,43
$\sum_{i=1}^6 M_i$ , кН·м	8,47	11,3	25,72	28,23	19,35
$H \cdot P_{zc}$ , кН·м	79,04	79,04	169,94	169,94	196,94
$G_c$ , кН	13,24	8,91	11,96	9,69	19,48
$L'_3$ , м	2,1	3,15	2,1	2,15	0
$M_1$ , кН·м	5,15	7,72	5,15	7,72	0
$L'_{рук}$ , м	0,82	1,34	0,91	1,34	0
$M_2$ , кН·м	0,48	0,74	0,54	0,79	0
$\sum_{i=1}^6 M_i$ , кН·м	5,63	8,46	5,69	8,51	0
$h_1$ , м	0,24	0,24	0,17	0,17	–
$h_2$ , м	0,32	0,32	0,15	0,15	–
$h_3$ , м	0,37	0,34	0,2	0,2	–
$P_{sp} \frac{h_1 \cdot h_3}{h_2}$ , кН·м	67,54	62,07	55,17	55,17	–
$G_p$ , кН	18,33	10,19	14,46	8,75	–» [25]

### 3.3 Расчет нагрузок манипулятора

«Расчет реальных усилий гидроцилиндра рукояти и гидроцилиндра стрелы.

Сравнивая последние строки таблиц 11 и 12, выбираются для каждого положения манипулятора наименьшие значения силы тяжести груза, определяются грузоподъемность манипулятора.

Усилие в гидроцилиндре рукояти определяется по формуле:

$$T = \frac{(\sum_{i=1}^2 M_i + G \cdot L'_3) \cdot h_2}{h_1 \cdot h_3}, \quad (44)$$

где  $\sum_{i=1}^2 M_i$  – сумма изгибающих моментов относительно шарнира О от сил тяжести элементов манипулятора;

$G$  – грузоподъемность манипулятора в данном положении» [27].

«Усилие в гидроцилиндре стрелы определяется по формуле:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^6 M_i + G \cdot L_3}{H}, \quad (45)$$

где  $\sum_{i=1}^6 M_i$  – сумма изгибающих моментов относительно шарнира В от сил тяжести элементов манипулятора» [7].

Исходные данные и результаты вычислений сведены в таблицу 13.

Таблица 13 – Реальные усилия в гидроцилиндрах манипулятора

Параметры	Положения манипулятора				
	I	I'	II	II'	III
$G$ , кН	13,24	8,91	11,69	8,75	19,48
$G \cdot L_3$ , кН·м	27,8	28,07	24,55	27,56	0
$\sum_{i=1}^2 M_i$ , кН·м	5,63	8,46	5,69	8,51	0
$h_1$ , м	0,24	0,24	0,17	0,17	–
$h_2$ , м	0,32	0,32	0,15	0,15	–
$h_3$ , м	0,37	0,34	0,2	0,2	–
$T$ , кН	184,33	219,16	204,12	243,48	–
$G \cdot L_3$ , кН·м	37,2	34,39	72,47	63,44	78,89
$\sum_{i=1}^6 M_i$ , кН·м	8,47	11,3	25,72	28,23	19,35
$H$ , м	0,2	0,2	0,43	0,43	0,43
$Q$ , кН	395,08	395,24	395,08	368,8	395,26

«Расчет усилий в механизме складывания рукояти.

Механизм складывания рукояти рассчитывается для положений манипулятора (II') и (I'), как наиболее нагруженных. Расчетная схема для определения усилий в механизме складывания приведена на рисунке 15.

Их масштабной расчетной схемы механизма складывания рукояти определяется:

- угол между линией действия усилия  $F_c$  в шатуне СД ( $\Theta$ ) и горизонталью;
- угол  $\gamma$  между линией действия усилия  $T$  гидроцилиндра рукояти и вертикалью;
- плечо ОК – расстояние от шарнира О до линии действия усилия  $F_c$  в шатуне» [12].

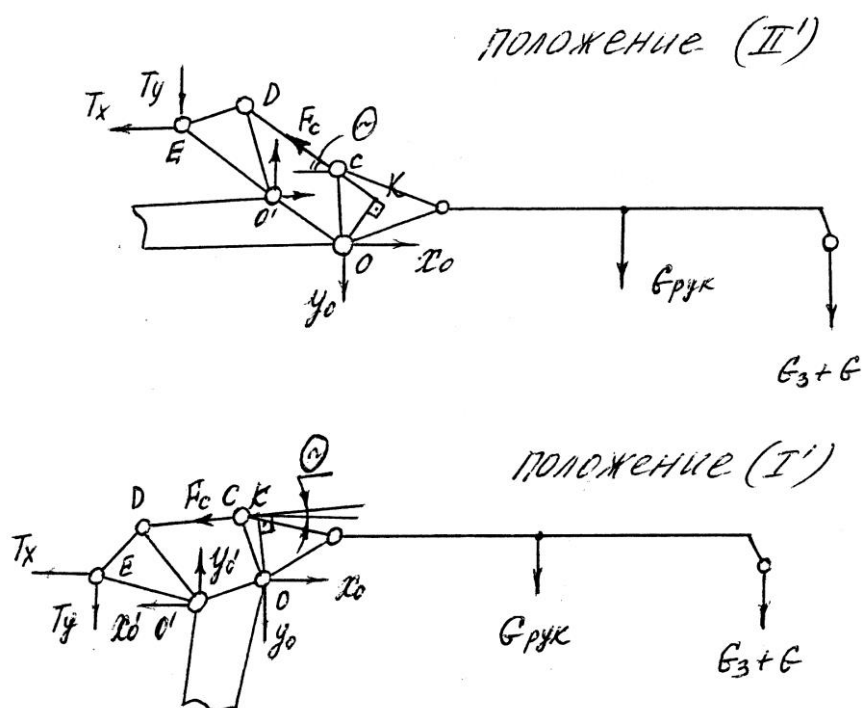


Рисунок 15 – Расчетная схема механизма складывания рукояти

«Рассматривая рукоять отдельно от стрелы, заменяя ее воздействие реакциями в шарнирах.

Рассматривая сумму моментов сил относительно шарнира О, получается формула для определения усилия  $F_c$  в шатуне:



$$F_c = \frac{G_{рук} \cdot L_{рук} + (G_3 + G) \cdot L_3}{OK} (1 + \eta_{об}), \quad (46)$$

где  $\eta_{об} = 0,9^n$ , здесь  $n = 2$  – количество шарниров, трение в которых мешает вращению. Тогда  $\eta_{об} = 0,9^2 = 0,81$ » [9].

«Рассматривая суммы сил по горизонтали и вертикали, получаем формулы для определения составляющих реакции в шарнире O.

$$X_o = F_c \cdot \cos \Theta, \quad (47)$$

$$Y_o = F_c \cdot \sin \Theta \pm [G_p + (G_3 + G)], \quad (48)$$

Тогда  $R_o = \sqrt{X_o^2 + Y_o^2}$ .

Рассматривая стрелу отдельно от рукояти, соответственно заменяя ее воздействие реакциями в шарнирах.

Рассматривая суммы сил по горизонтали и по вертикали, получаем формулы для определения составляющих реакции в шарнире O'.

$$X_o' = F_c \cos \Theta - T \sin \gamma, \quad (49)$$

$$Y_o' = \pm F_c \sin \Theta + T \cos \gamma, \quad (50)$$

Тогда  $R_o' = \sqrt{X_o'^2 + Y_o'^2}$  » [9].

Исходные данные и результаты расчетов сведены в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет усилий в механизме складывания рукояти

Расчетные параметры	Положение манипулятора	
	Г	П'
Сила тяжести рукояти, кН	0,59	0,59
Сила тяжести захвата, кН	2,45	2,45
Сила тяжести груза, кН	8,91	8,75
Плечо, м	1,34	1,34
Плечо, м	3,15	3,15
Плечо, м	0,21	0,17

Продолжение таблицы 14

Расчетные параметры	Положение манипулятора	
	Г	П'
Угол, град.	18	22
Угол, град.	2	87
КПД шарниров О и С	0,81	0,81
Усилие, кН	219,16	243,48
Усилие, кН	315,24	384,05
Реакция, кН	299,81	356,09
Реакция, кН	109,37	132,08
Реакция, кН	319,14	379,80

«Расчет реакций в шарнире В и в шарнирах гидроцилиндра стрелы.

Расчетная схема для определения указанных реакций приведена на рисунке 16 для положения П'.

Расчет производится для положения П', как наиболее нагруженного.

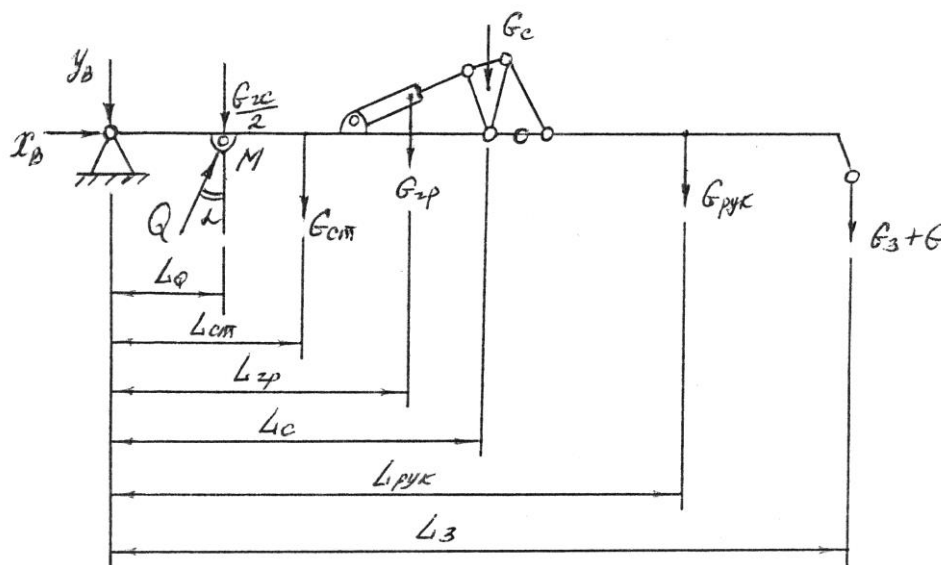


Рисунок 16 – Расчетная схема

Реакции в шарнире М от усилия гидроцилиндра стрелы определяются по формулам:

$$Q_x = Q \sin \alpha, \quad (51)$$

$$Q_y = Q \cos \alpha, \quad (52)$$

где  $Q$  – усилие гидроцилиндра подъема стрелы в положении манипулятора П';

$\alpha$  – угол между линией действия усилия  $Q$  и осью  $Y$ » [9].

«Рассматривая сумму сил по оси  $Y$  (вертикали), получаем формулу для определения вертикальной составляющей реакции в шарнире В:

$$Y_B = Q_Y - \frac{G_{rc}}{2} - G_{cm} - G_{zp} - G_{пук} - (G_3 + G) = Q_Y - \sum_{i=1}^6 G_i . \quad (53)$$

Рассматривая сумму сил по оси  $X$  (горизонтали), получаем формулу для определения горизонтальной составляющей реакции в шарнире В.

$$X_B = Q_X . \quad (54)$$

Тогда реакция в шарнире В определяется по формуле:

$$R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} . \quad (55)$$

Исходные данные и результаты расчетов представлены в таблице 15» [9].

Таблица 15– Расчет реакции в шарнире В (II')

Параметр	$Q$ , кН	$\alpha$ , град.	$Q_X$ , кН	$Q_Y$ , кН	$\sum_{i=1}^6 G_i$ , кН	$X_B$ , кН	$Y_B$ , кН	$R_B$ , кН
Значение	368,8	6	38,6	366,8	15,11	38,6	351,7	353,8

«Примечание: угол  $\alpha$  для данного положения манипулятора рассчитан исходя из экспериментально найденных расстояний между осями рассматриваемых шарниров, с применением для расчета теорем косинусов.

Расчетная схема для определения реакции в шарнире В при положении манипулятора Г приведена на рисунке 17.

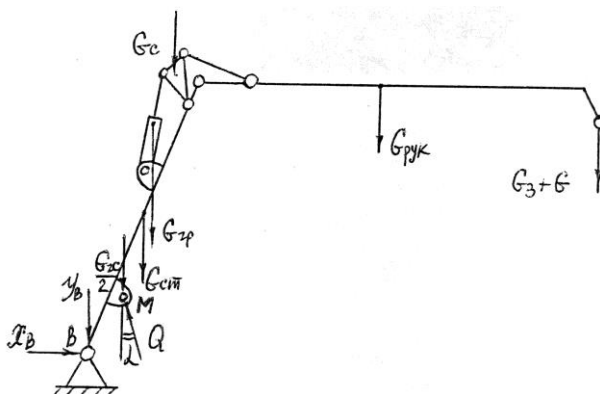


Рисунок 17 – Расчетная схема

Реакции в шарнире М от усилия гидроцилиндра стрелы определяются по формулам:

$$Q_x = Q \sin \alpha, \quad (56)$$

$$Q_y = Q \cos \alpha. \quad (57)$$

Вертикальная и горизонтальная составляющие реакции в шарнире В определяются по формулам при расчете тех же реакций для положения II'. Результаты расчетов представлены в таблице 16» [9].

Таблица 16 – Расчет реакции в шарнире В (I')

Параметр	$Q$ , кН	$\alpha$ , град.	$Q_x$ , кН	$Q_y$ , кН	$\sum_{i=1}^6 G_i$ , кН	$X_B$ , кН	$Y_B$ , кН	$R_B$ , кН
Значение	395,24	4	27,57	394,28	15,11	27,57	379,17	380,17

### 3.4 Расчет шарнирных узлов

«Расчет шатуна на прочность.

Шатун работает на растяжение сжатия. Сила, действующая вдоль шатуна  $F_c = 384,05$  кН.

Определяется напряжение растяжения-сжатия в сечении I-I и в сечении II-II, согласно рисунку 18.

Площадь сечения,  $m^2$ , определяется по формуле:

$$S = 2L_2h + 2L_1h - 4h^2. \quad (58)$$

Момент инерции сечения относительно ОХ,  $m^4$ , определяется по формуле:

$$I_x = \frac{L_2L_1^3 - (L_2 - 2\delta)(L - 2\delta)^3}{12}. \quad (59)$$

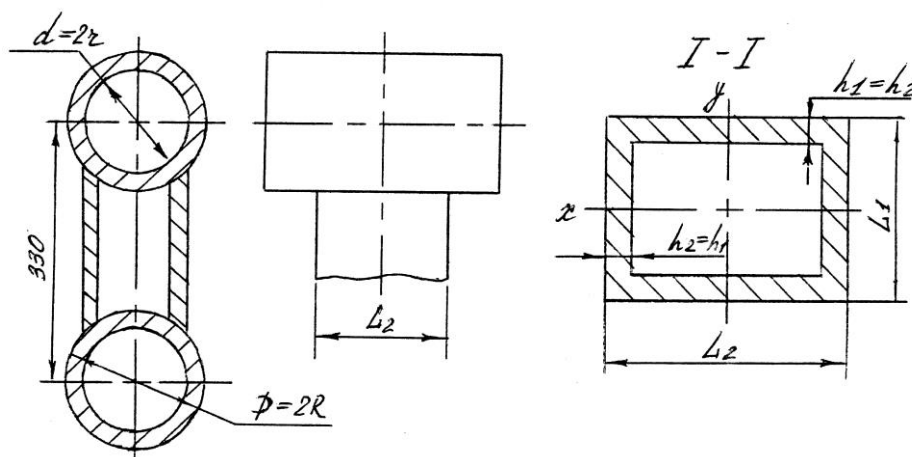


Рисунок 18 – Геометрические параметры шатуна

Исходные геометрические данные и результаты расчетов сведены в таблицу 17.

Таблица 17 – Геометрические параметры шатуна

Параметр	$L_1$ , м	$L_2$ , м	$h_1$ , м	$R$ , м	$r$ , м	$S$ , $m^2$	$I_x$ , $m^4$
Значение	0,07	0,14	0,007	0,045	0,033	$2,74 \cdot 10^{-3}$	$2,158 \cdot 10^{-6}$

«Коэффициент динамичности определяются по формуле:

$$k_d = \sqrt{1 + \frac{m_{np} \cdot V^2 \cdot L^3}{3E \cdot I_x \cdot Y_0^2}}. \quad (60)$$

где  $m_{np}$  – масса манипулятора и груза, приведенная к концу рукояти, кг;

$V$  – скорость перемещения груза, м/с;

$L$  – максимальный вылет манипулятора, м;

$E$  – модуль упругости стали, н/м<sup>2</sup>;

$I_x$  – момент инерции сечения элементов манипулятора, м<sup>4</sup>;

$Y_0$  – величина прогиба металлоконструкции в статике, м» [28].

«Приведенная к концу рукояти масса манипулятора и груза определяется по формуле:

$$m_{np} = m_{zp} + \sum_1^n m_i \cdot \frac{L_i}{L}. \quad (61)$$

где  $m_i$  – масса  $i$ -ой части манипулятора, кг;

$L_i$  – расстояние  $i$ -й части манипулятора до конца рукояти, м;

$L$  – вылет манипулятора относительно сечения, м» [16].

Таким образом:

$$m_{np} = (G + G_3) + G_p \frac{l_p}{L}.$$

Для положения II'  $L = 3,35$  м;  $l_p = 1,84$  м;  $G = 900$  кг.

«Скорость перемещения груза есть скорость опускания рукояти, которая определяется по формуле:

$$V_{op} = 1,3V_{np}, \quad (62)$$

где  $V_{np}$  – скорость подъема рукояти, м/с,

$$V_{np} = \frac{V_n \cdot L_p \cdot \varphi_p}{57,3 \cdot S_u}, \quad (63)$$

где  $L_p = 3,17$  м – длина рукояти;

$\varphi_p = 170^0$  – угол поворота рукояти;

$S_u = 0,83$  м – ход поршня гидроцилиндра рукояти;

$V_n$  – скорость движения поршня гидроцилиндра рукояти, м/с» [13].

«Скорость движения поршня определяется по формуле:

$$V_n = \frac{4\eta_n \cdot Q_n}{\pi d_n^2}, \quad (64)$$

где  $\eta_n = 0,9$  – объемный КПД насоса;

$Q_n = 10^{-3}$  м/с – расход рабочей жидкости;

$d_n = 0,115$  м – диаметр поршня гидроцилиндра рукояти» [14].

«Величина прогиба металлоконструкции в статике определяется по формуле:

$$Y_0 = \frac{m_{np} \cdot g \cdot L^3}{3E \cdot I_x}. \quad (65)$$

Результаты расчета скоростей и коэффициента динамичности представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет коэффициента динамичности сечения шатуна в положении II'

Параметр	$m_{np}$ , кг	$V_n$ , м/с	$V_{np}$ , м/с	$V_{op}$ , м/с	$k_o$
Значение	1202	$8,67 \cdot 10^{-2}$	0,98	1,28	1,3

Напряжение растяжения-сжатия в сечении I-I определяется по формуле:

$$\sigma_p = \frac{F_c}{S} k_o. \quad (66)$$

Допустимое напряжение для стали 16Г2АФ  $[\sigma_p] = 200$  МПа.

Напряжение разрыва в сварных швах определяется по формуле:

$$\sigma_p' = \frac{F_c}{S \cdot l}. \quad (67)$$

где  $S = h = 0,007$  м – толщина соединяемых деталей;

$l$  – длина сварного шва, м» [24].

«Длина сварного шва для данной детали определяется по зависимости:

$$l = 2 \frac{(\arccos \frac{L_1}{2R}) \pi R}{180} + 2L_2. \quad (68)$$

Напряжение разрыва в сварных швах с учетом коэффициента динамичности определяется по формуле:

$$\sigma_p = \sigma_p' k_d. \quad (69)$$

Допускаемые напряжения основного металла в металлических строительных и крановых конструкциях определяются по формуле:

$$[\sigma_p]' = \frac{R \cdot m}{k_h}, \quad (70)$$

где  $R = 0,85\sigma_m$  – расчетное сопротивление разрушению для низколегированной стали;

$m = 0,9$  – коэффициент условий работы;

$\sigma_m = 440$  МПа – напряжение разрыва для стали 16Г2АФ» [24].



«При переменных нагрузках расчетные напряжения умножают на коэффициент  $\gamma$ , который определяется по формуле:

$$\gamma = c / (b - ar), \quad (71)$$

где  $c = 1,2$ ,  $a = 1,45$ ,  $b = 0,85$  – коэффициенты;

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \text{ – характеристика цикла} \text{ [24].}$$

«Величина  $\sigma_{\min}$ , МПа, определяется по формуле

$$\sigma_{\min} = \frac{F_{c \min}}{S \cdot l} k_o, \quad (72)$$

где  $F_{c \min}$  – усилие в шатуне при  $G = 0$  равняется 90,6 кН» [9].

Таким образом  $\sigma_{\min} = 90,6$  МПа,  $r = -0,23$ ,  $\gamma = 0,76$ .

Результаты расчетов действующих и допускаемых напряжений в сечениях I-I и II-II представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Расчетные и допускаемые напряжения в сечениях I-I и II-II

Параметр	$l$ , м	I-I		II-II	
		$\sigma_p$ , МПа	$[\sigma_p]$ , МПа	$\sigma_p$ , МПа	$[\sigma_p]$ , МПа
Значение	0,441	182,2	230	167,7	230

Сравнивая допускаемые напряжения с расчетными, делается вывод о выполнении условия прочности, так как  $\sigma_p < [\sigma_p]$ .

«Расчет на прочность пальцев шарниров.

В манипуляторе 13 шарнирных узлов. Их расположение и обозначение указано на рисунке 19. Пальцы в манипуляторе рассчитываются на срез. Расчетная схема изображена на рисунке 20.

Вид поперечного сечения пальцев показан на рисунке 21.

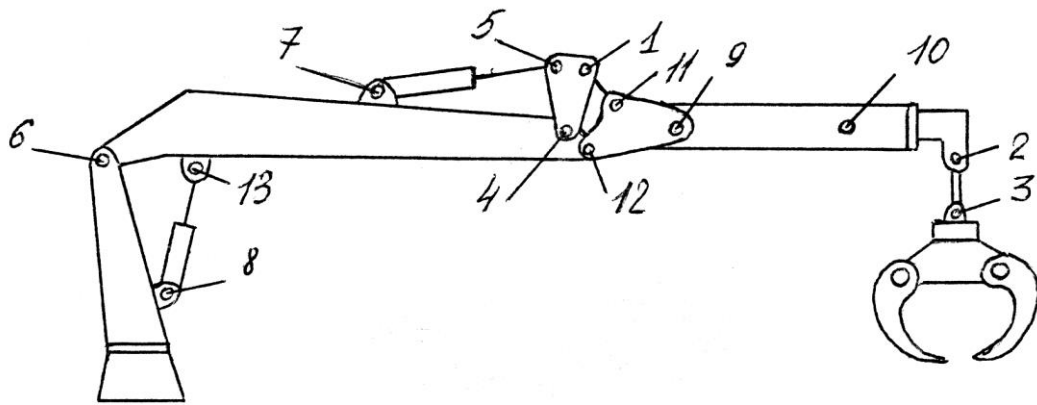


Рисунок 19 – Схема расположения шарниров

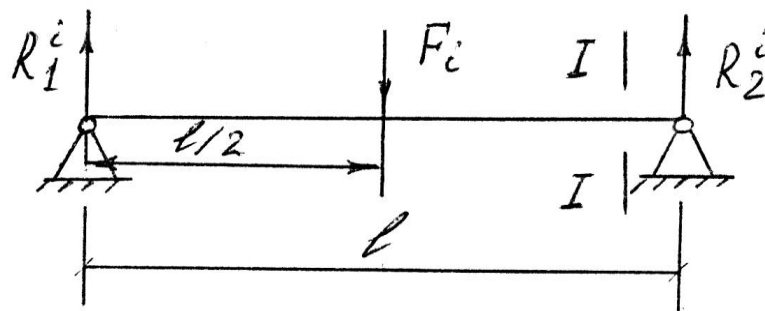


Рисунок 20 – Расчетная схема для расчета пальцев

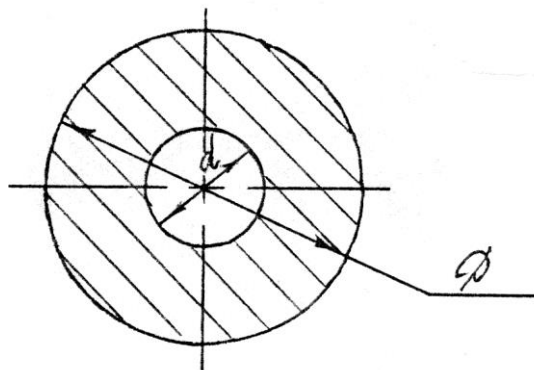


Рисунок 21 – Поперечное сечение пальцев

Площадь сечения пальцев определяется по формуле:

$$S = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}, \quad (73)$$

где  $D$  – наружный диаметр пальца, м;

$d$  – внутренний диаметр пальца, м» [24].

«Напряжение среза определяется по формуле:

$$\tau_{cp} = \frac{R_1^i}{S_i} = \frac{0,5F_i \cdot 10^{-3}}{S_i}, \quad (74)$$

где  $F_i$  – усилие в  $i$ -ом шарнире, кН;

$S_i$  – площадь сечения  $i$ -го шарнира,  $m^2$ » [24].

Исходные данные и результаты расчетов представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет пальцев на срез

Обозначение шарнира	Исходные данные			Расчетные параметры	
	$D$ , м	$d$ , м	$F_i$ , кН	$S_i$ , $m^2$	$\tau_{cp}$ , МПа
1-1	0,06	0,009	384,05	$2,89 \cdot 10^{-3}$	66,5
2-2	0,03	0	60,8	$7,04 \cdot 10^{-4}$	43
3-3	0,035	0,009	60,8	$9,05 \cdot 10^{-4}$	33,6
4-4	0,06	0,009	316,46	$2,89 \cdot 10^{-3}$	54,8
5-5	0,06	0,009	243,48	$2,89 \cdot 10^{-3}$	42,1
6-6	0,07	0,04	380,17	$2,592 \cdot 10^{-3}$	73,3
7-7	0,06	0,009	243,48	$2,89 \cdot 10^{-3}$	42,1
8-8	0,07	0,04	395,24	$2,59 \cdot 10^{-3}$	76,3
9-9	0,03	0,009	11,29	$6,5 \cdot 10^{-4}$	8,7
10-10	0,03	0,009	11,29	$6,5 \cdot 10^{-4}$	8,7
11-11	0,06	0,009	384,05	$2,89 \cdot 10^{-3}$	66,5
12-12	0,06	0,009	379,8	$2,89 \cdot 10^{-3}$	65,7
13-13	0,07	0,04	395,24	$2,59 \cdot 10^{-3}$	76,3

«Расчетная схема для определения усилий в шарнирах 2-2 и 3-3 представлена на рисунке 22.

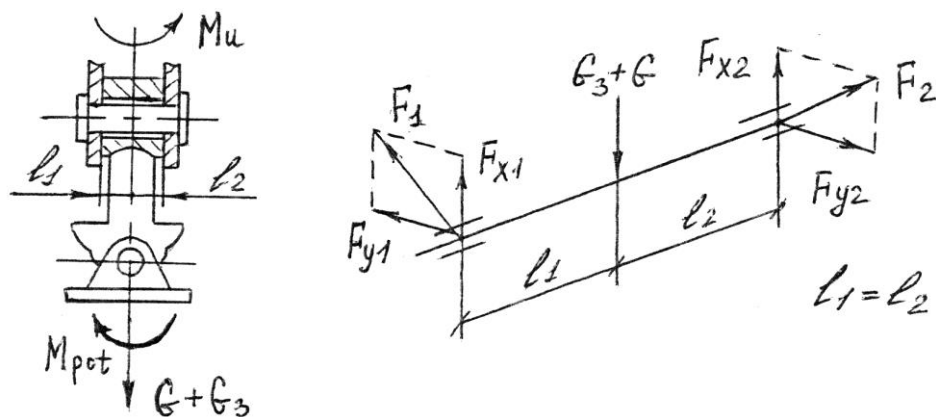


Рисунок 22 – Схема сил в шарнирах 2-2 и 3-3

Срезающее усилие в шарнирах 2-2 и 3-3 определяется по формуле:

$$F_i = \sqrt{F_{xi}^2 + F_{yi}^2}, \quad (75)$$

где  $F_{xi}$  – срезающая составляющая от силы тяжести груза и захвата с ротатором;

$F_{yi}$  – срезающая составляющая от момента инерции, создаваемого вращением ротатора.

Составляющая срезающей силы  $F_{xi}$  определяется по формуле:

$$F_{xi} = 0,5(G_3 + G), \quad (76)$$

где  $G$  – грузоподъемность манипулятора в данном положении, кН» [7].

«Для определения составляющей срезающей силы  $F_{yi}$  записываем основное уравнение динамики для данной системы:

$$M_{rot} \cdot \delta\varphi - M_u \cdot \delta\varphi = 0. \quad (77)$$

Отсюда следует формула:

$$M_u = M_{rot} = F_{yi} \cdot l_i, \quad (78)$$

где  $M_u$  – момент инерции в системе, кН·м;

$M_{rot}$  – момент, создаваемый ротатором, кН·м;

$l_i$  –  $i$ -ое плечо, равное расстоянию от оси подвески до сечения среза пальца, м» [11].

Тогда составляющая срезающей силы  $F_{yi}$  будет равна:

$$F_{yi} = \frac{M_{pot}}{l_i}, \quad (79)$$

Расчетная схема для определения усилий в шарнирах 9-9 и 10-10 представлена на рисунке 23.

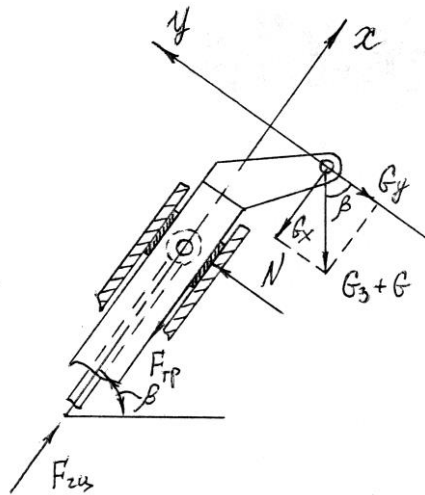


Рисунок 23 – Схема сил в шарнирах 9-9 и 10-10

«Рассматривая сумму сил на ось X, получается формула для определения усилия гидроцилиндра телескопа:

$$F_{ти} = (G_3 + G) \cos \beta \cdot f + (G_3 + G) \sin \beta, \quad (80)$$

где  $\beta$  – угол подъема рукояти;

$f$  – коэффициент трения. Для пары трения сталь-фторопласт  $f = 0,05$ » [9].

Спецификация на манипулятор для автомобилей КамАЗ представлена в Приложении А (рисунки А.1, А.2, А.3).

Выводы по разделу.

В разделе «Конструкторская часть» выполнены следующие расчеты конструкции манипулятора: центра тяжести, проектных параметров, нагрузок, возникающих конструкции.

## 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» [14].

Для сборки конструкции манипулятора для автомобилей КамАЗ предлагается мелкосерийная сборка, так как данный вид конструкции 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 рабочими со специализацией по видам сборочных работ. Областью использования данного вида сборки является мелкосерийное производство средних и крупных машин» [22].

Определяем такт выпуска:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (81)$$

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

$m$  – количество смен, принимается равным 1;

$N$  – годовой объем выпуска, принимается равным 200.

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

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

Технологическая схема сборки конструкции манипулятора для автомобилей КамАЗ представлена в графической части ВКР.

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

Перечень выполняем в виде таблицы (таблица 21), содержащей наименование сборочных работ и данные о нормировании всех необходимых видов работ.

Таблица 21 – Перечень сборочных работ

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Поднять при помощи тельфера корпус основания	1
Осмотреть корпус основания	0,5
Закрепить корпус основания на раме автомобиля КамАЗ	45
Поднять при помощи тельфера поворотную колонну	1
Осмотреть поворотную колонну	0,5
Установить поворотную колонну на основание	30
Поднять при помощи тельфера гидроцилиндр в сборе	1
Осмотреть гидроцилиндр в сборе	0,5
Установить гидроцилиндр в сборе	25
Поднять при помощи тельфера балку несущую опорную	1
Осмотреть балку несущую опорную	0,5
Закрепить балку несущую опорную	20
Поднять при помощи тельфера балку несущую опорную	1
Осмотреть балку несущую опорную	0,5
Установить балку несущую опорную	20
Взять цапфу	0,2
Осмотреть цапфу	0,3
Установить цапфу	15
Поднять при помощи тельфера выдвижную балку	1
Осмотреть выдвижную балку	0,6
Установить выдвижную балку	20
Взять карман крепления манипулятора	0,4
Осмотреть карман крепления манипулятора	0,5
Закрепить карман крепления манипулятора	13
Взять подшипник верхний	0,2
Осмотреть подшипник верхний	0,3
Запрессовать подшипник верхний	3
Взять подшипник нижний	0,2

Продолжение таблицы 21

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время операции, мин
Осмотреть подшипник нижний	0,3
Запрессовать подшипник нижний	3
Взять поперечину	0,3
Осмотреть поперечину	0,2
Установить поперечину	6
Взять шарнир с башмаком	0,2
Осмотреть шарнир с башмаком	0,3
Установить шарнир с башмаком	10
Взять фиксатор	0,2
Осмотреть фиксатор	0,3
Установить фиксатор	4
Поднять при помощи тельфера манипулятор в сборе	1
Осмотреть манипулятор в сборе	5
Выполнить монтаж манипулятора в сборе	52
Поднять при помощи тельфера рукоять в сборе	1
Осмотреть рукоять в сборе	3
Выполнить присоединение рукояти в сборе	42
Проверить гидросистему на заведённом двигателе при необходимости доливать масло в систему	10
Проверить систему на подтеки масла, если они есть, устранить	5
Проверить работу манипулятора	12
Итого:	358

## 4.2 Определение трудоемкости сборки

«Определяем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}, \quad (82)$$

Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{sum}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (83)$$

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].

$$t_{шт}^{общ} = 358 + 358 \cdot \left( \frac{3+5}{100} \right) = 386,64 \text{ мин.}$$

Следовательно суммарная трудоемкость работ составляет 386,64 мин.

### 4.3 Составление технологического процесса сборки конструкции манипулятора для автомобилей КамАЗ

Последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 22.

Таблица 22 – Технологический процесс сборки конструкции манипулятора для автомобилей КамАЗ

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
005	Сборочная	1	Поднять при помощи тельфера корпус основания	Тельфер, стропы, набор ключей, гайковерт	46,5
		2	Осмотреть корпус основания		
		3	Закрепить корпус основания на раме автомобиля КамАЗ		
010	Сборочная	1	Поднять при помощи тельфера поворотную колонну	Тельфер, стропы, набор ключей, гайковерт	31,5
		2	Осмотреть поворотную колонну		
		3	Установить поворотную колонну на основание		
015	Сборочная	1	Поднять при помощи тельфера	Тельфер, стропы, набор ключей,	26,5

Продолжение таблицы 22

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
			гидроцилиндр в сборе	гайковерт	
		2	Осмотреть гидроцилиндр в сборе		
		3	Установить гидроцилиндр в сборе		
020	Сборочная	1	Поднять при помощи тельфера балку несущую опорную	Тельфер, стропы, набор ключей, гайковерт	21,5
		2	Осмотреть балку несущую опорную		
		3	Закрепить балку несущую опорную		
025	Сборочная	1	Поднять при помощи тельфера балку несущую опорную	Тельфер, стропы, набор ключей, гайковерт	21,5
		2	Осмотреть балку несущую опорную		
		3	Установить балку несущую опорную		
030	Сборочная	1	Взять цапфу	Набор ключей, гайковерт	15,5
		2	Осмотреть цапфу		
		3	Установить цапфу		
035	Сборочная	1	Поднять при помощи тельфера выдвижную балку	Тельфер, стропы, набор ключей, гайковерт	21,6
		2	Осмотреть выдвижную балку		
		3	Установить выдвижную балку		
040	Сборочная	1	Взять карман крепления манипулятора	Набор ключей, гайковерт	13,9
		2	Осмотреть карман крепления манипулятора		
		3	Закрепить карман крепления манипулятора		
045	Сборочная	1	Взять подшипник верхний	Оправка, молоток	3,5
		2	Осмотреть подшипник верхний		
		3	Запрессовать подшипник верхний		
050	Сборочная	1	Взять подшипник нижний	Оправка, молоток	3,5

Продолжение таблицы 22

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
		2	Осмотреть подшипник нижний		
			Запрессовать подшипник нижний		
055	Сборочная	1	Взять поперечину	Набор ключей, гайковерт	6,5
		2	Осмотреть поперечину		
		3	Установить поперечину		
060	Сборочная	1	Взять шарнир с башмаком	Набор ключей, гайковерт	10,5
		2	Осмотреть шарнир с башмаком		
		3	Установить шарнир с башмаком		
065	Сборочная	1	Взять фиксатор	Набор ключей, гайковерт	4,5
		2	Осмотреть фиксатор		
		3	Установить фиксатор		
060	Сборочная	1	Поднять при помощи тельфера манипулятор в сборе	Тельфер, стропы, набор ключей, гайковерт	58
		2	Осмотреть манипулятор в сборе		
		3	Выполнить монтаж манипулятора в сборе		
075	Сборочная	1	Поднять при помощи тельфера рукоять в сборе	Тельфер, стропы, набор ключей, гайковерт	46
		2	Осмотреть рукоять в сборе		
		3	Выполнить присоединение рукояти в сборе		
080	Регулировочная	1	Проверить гидросистему на заведённом двигателе при необходимости доливать масло в систему	Масло, ветошь	27
		2	Проверить систему на подтеки масла, если они есть, устранить		

Продолжение таблицы 22

№ операции	Операция	№ позиции	Содержание операций, переходов	Приспособление, оборудование, инструмент	Время, мин.
		3	Проверить работу манипулятора		

Выводы по разделу.

В разделе «Технологический раздел» выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки конструкции манипулятора для автомобилей КамАЗ.

## **5 Безопасность и экологичность технического объекта**

Рабочие в различных отраслях промышленности сталкиваются с вопросами безопасности, связанными с качеством воздуха, температурой и работой оборудования. Для обеспечения безопасности сотрудников в таких отраслях, как коммунальное хозяйство, нефть и газ, общественная безопасность, транспорт, производство и природные ресурсы, рабочие должны быть обеспечены технологиями, которые позволяют им исключить риски и максимально защититься от известных опасностей.

«По оценкам Международной организации труда, каждый год в результате несчастных случаев на рабочем месте или болезней погибает 2,83 млн человек. Во всем мире насчитывается около 381 млн несчастных случаев на производстве и 160 млн жертв профессиональных заболеваний. Международная организация труда установила, что вредные и опасные вещества вызывают более 650 тыс. смертей в год, а строительная отрасль является источником наибольшего количества несчастных случаев» [32].

В отчете говорится, что улучшение качества работы включает в себя меньшую подверженность рискам, включая такие опасности, как испарения вредных веществ, контакт с химическими веществами, небезопасные методы работы и так далее.

Эффективная программа безопасности обеспечивает возврат инвестиций в размере 200%, помогая сократить расходы на компенсацию работникам и повышая производительность. Безопасность также может помочь улучшить качество работы: в отчете, охватывающем 1,2 млрд работников во всем мире, говорится, что повышение качества работы важно как для работников, так и для работодателей.

В зарубежных компаниях, использующих системы и программное обеспечение для оценки подрядчиков, а также для отслеживания и мониторинга безопасности сотрудников и подрядчиков еще до того, как они выйдут на объект, могут увидеть сокращение числа инцидентов, связанных с

безопасностью, на 50% по сравнению со средними показателями Бюро трудовой статистики.

Большинство организаций в различных отраслях используют технологии как способ повышения производительности. Автоматизация и оптимизация процессов с использованием роботов и других технологических инноваций может помочь предприятиям делать больше с меньшими затратами, снижать затраты и повышать эффективность. Однако теперь известно, что технологии также могут помочь улучшить состояние безопасности труда.

Например, предприятия используют цифровые технологии и программное обеспечение, чтобы сотрудники могли лучше понимать обстановку на рабочем месте и опасности, с которыми они могут столкнуться. Используя технологии для повышения осведомленности о рисках и их снижения, организациям будет легче соблюдать последние правила и стандарты, применимые к отрасли в каждой конкретной стране.

Для повышения осведомленности общественности необходимо повсеместно продвигать нормы безопасности, что само по себе создает осведомленность и дисциплину в обществе.

Существует пять способов, которыми технологии могут помочь повысить безопасность работников:

- коммуникации. Высокоскоростная связь и информация в режиме реального времени позволяют работодателям знать о состоянии качества воздуха, тепла и конкретных рисках, чтобы они могли устранить эти опасности до того, как они нанесут травму. Если произойдет травма, сотрудникам нужна надежная связь, чтобы позвать на помощь и сообщить об этом первым;
- достижение более высокой производительности труда среди сотрудников, путем обеспечения безопасной и надежной среды;
- идентификация опасности. Мгновенное управление безопасностью с помощью мобильного устройства может помочь организациям

- выявлять и устранять опасности по мере их возникновения. Рабочие могут фотографировать опасности и заполнять мобильные контрольные списки безопасности, а также проводить инструктаж на рабочем месте, для обеспечения безопасности всех работников;
- сохранение и помощь здоровью и благополучию сотрудников или рабочих;
  - виртуальная и дополненная реальность. Виртуальная реальность и дополненная реальность могут помочь в обучении сотрудников тому, как справляться с опасными ситуациями, не подвергая их опасности. Дополненная реальность может позволить техническим специалистам или опытным работникам обучать других таким процессам, как ремонт машин, без необходимости физического увеличения числа людей в окружающей среде. Это может быть полезно, если сама процедура ремонта опасна, опасны условия;
  - дроны. Дроны можно использовать, когда объекты слишком опасны для людей, чтобы исследовать их, например, если произошла утечка газа или другой химический разлив. Дроны могут собирать информацию и позволять командам по очистке определять наиболее безопасный план действий, не подвергаясь опасности;
  - автоматизация и робототехника. Автоматизация повышает безопасность, снимая с людей бремя тяжелой ручной работы. Роботы могут выполнять тяжелую работу, позволяя людям сосредоточиться на более творческих задачах. Это особенно полезно на складах с недоукомплектованным персоналом и других объектах, где необходимость поддерживать производительность может создать культуру, при которой некоторый риск принимается в обмен на более быстрое выполнение работы. Добавление роботов к рабочей силе может облегчить нагрузку и снизить риск. Роботы также могут помочь на производственных объектах или строительных площадках, где людям больше не нужно ходить с

места на место, чтобы забрать материалы, необходимые для их части сборки или сборки. Вместо этого роботы могут доставлять им нужные детали, когда они им нужны, сокращая расстояние, которое проходят люди, и тем самым снижая утомляемость и риск несчастных случаев.

### **5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технологического процесса ремонта грузового автомобиля при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ**

Для описания конструктивно-технологической и организационно-технической характеристики ремонта грузового автомобиля в полевых условиях составлен технологический паспорт, представленный в таблице 23.

Таблица 23 – Технологический паспорт ремонта грузового автомобиля в полевых условиях при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность работника	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
«Ремонт грузового автомобиля в полевых условиях при помощи автомобиля КамАЗ с установленным манипулятором	1 Установка автомобиля КамАЗ в районе ремонта. 2 Проверка исправности манипулятора. 3 Съём предварительно открученного неисправного агрегата с помощью манипулятора. 4 Установка исправного агрегата с помощью манипулятора.	слесарь по ремонту автомобилей 5 разряда, оператор крана-манипулятора	Автомобиль КамАЗ с манипулятором, гайковерт, головки, съемники, набор ключей, стропы	Перчатки, защитные очки, протирочная ветошь, смазочные материалы» [9]



## 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).

«Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе ремонта грузового автомобиля в полевых условиях при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ представлена в таблице 24.

Таблица 24 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Установка автомобиля КамАЗ в районе ремонта. 2 Проверка исправности манипулятора.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля и его деталей и агрегатов	Поверхности автомобиля, детали и агрегаты
3 Съём предварительно открученного неисправного агрегата с помощью манипулятора. 4 Установка исправного агрегата с помощью манипулятора	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования	Автомобиль КамАЗ с манипулятором, гайковерт.
	Повышенный уровень шума	Автомобиль КамАЗ с манипулятором
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта

Продолжение таблицы 24

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы»	Источник возникновения ОиВПФ
	Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой	Однообразно повторяющиеся технологические операции» [9]
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда	

### 5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«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» [9].

«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 соответствии 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» [14].

«Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 25.

Таблица 25 – 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)» [27].
«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)» [23].

Продолжение таблицы 25

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
«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 противошумные наушники, беруши противошумные» [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 согласно ст. 212 ТК РФ; – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [26].	–
«Монотонность труда	– объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей; чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует	–

Продолжение таблицы 25

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
	<p>учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии. Должны загружаться различные психофизиологические функции работника;</p> <ul style="list-style-type: none"> <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 отдыха включают функциональную музыку, которая стимулирует двигательную активность и вызывает у работников приятные эмоции» [10]</li> <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</li> <li>– применение систем морального и материального стимулирования;</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 26).

Таблица 26 – 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 – 1 шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [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 ремонта грузового автомобиля в полевых условиях при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ представлен в таблице 27.



Таблица 27 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при технологическом процессе ремонта грузового автомобиля в полевых условиях при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ

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» [9]

### **5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса ремонта грузового автомобиля в полевых условиях при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ**

«Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе ремонта грузового автомобиля в полевых условиях при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ и сведем их в таблицу 28.

Таблица 28 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Ремонт грузового автомобиля в полевых условиях при помощи автомобиля КамАЗ с установленным манипулятором	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 ремонте грузового автомобиля в полевых условиях при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ негативного антропогенного воздействия при технологическом процессе ремонта грузового автомобиля в полевых условиях при помощи манипулятора:

- «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 сырье при производстве ветоши, металлический лом, стружка отправляется на переплавку, твердые бытовые и коммунальные отходы сортируются и перерабатываются или сжигаются, отработанное масло собирается и перерабатывается» [16].

Выводы по разделу.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта»:

- разработан Технологический паспорт технологического процесса ремонта грузового автомобиля в полевых условиях при помощи

- манипулятора для автомобилей КамАЗ (таблица 23);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе ремонта грузового автомобиля в полевых условиях при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ (таблица 24) и определены методы и средства их снижения (таблица 25);
  - идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе ремонта грузового автомобиля в полевых условиях при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ (таблицы 26, 27);
  - идентифицированы экологические факторы, возникающие при технологическом процессе ремонта грузового автомобиля в полевых условиях при помощи манипулятора для автомобилей КамАЗ и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 28).

## 6 Экономическая эффективность проекта

«Для определения финансовых затрат на разработку манипулятора для автомобилей КамАЗ воспользуемся формулой:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{о.н}}, \quad (84)$$

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.» [12].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (85)$$

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 29 представлена стоимость изготовления корпусных деталей.

Таблица 29 – Стоимость изготовления корпусных деталей

Деталь	Марка металла	Масса материала заготовок, кг	Масса деталей, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Рама для манипулятора	Ст3	1300	1250	64	80000
Итого:	–	–	–	–	80000

$$C_{к.д} = 1250 \cdot 64 = 80000 \text{ р.}$$

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{о.д} = C_{п.р.н} + C_M, \quad (86)$$

где  $C_{п.р.н}$  – 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:

$$C_{п.р.} = t \cdot C_q \cdot k_t, \quad (87)$$

где  $t$  – средняя трудоемкость на изготовление отдельных деталей, для установки манипулятора понадобятся: кронштейн – 4 шт.; накладка – 10 шт.), трудоёмкость на изготовление деталей: кронштейна – 0,55 чел.-ч., накладки – 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].

$$t = (4 \cdot t_{крон.} + 10 \cdot t_{наклад.}),$$

$$t = 4 \cdot 0,55 + 10 \cdot 1,1 = 14,3 \text{ чел.-ч.}$$

«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.

$$C_{\text{ПР}} = 14,3 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 2173,85 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_{\text{Д}} = (5 \dots 12) \cdot C_{\text{ПР}} / 100, \quad (88)$$

$$C_{\text{Д}} = 10 \cdot 2173,85 / 100 = 217,38 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{СОЦ}} = 30 \cdot (C_{\text{ПР}} + C_{\text{Д}}) / 100, \quad (89)$$

$$C_{\text{СОЦ}} = 30 \cdot (2173,85 + 217,38) / 100 = 717,36 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{ΣПР}} = 2173,85 + 217,38 + 717,36 = 3108,59 \text{ р.}$$

В таблице 30 представлена заработная плата на изготовление оригинальных деталей.

Таблица 30 – Заработная плата на изготовление оригинальных деталей

Значение	Сумма, руб.
Заработная плата	2173,85
Дополнительная заработная плата	217,38
Начисления на заработную плату	717,36
Итого:	3108,59

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

$$C_M = C \cdot Q_3, \quad (90)$$

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

$Q_3$  – масса заготовки, кг» [12].

В таблице 31 представлена стоимость материала для изготовления оригинальных деталей.

Таблица 31 – Стоимость материала заготовок на изготовление оригинальных деталей

Наименование детали	Материал	Количество, шт.	Общая масса материала, кг	Цена за 1 кг, руб.	Сумма, руб.
Кронштейн	Сталь 45	4	12	65,0	780,0
Накладка	Сталь 45	10	10	65,0	650,0
Итого:	–	–	–	–	1430,0

$$C_M = 65 \cdot 12 + 65 \cdot 10 = 1430 \text{ р.}$$

$$C_{O,Д} = 3108,59 + 1430 = 4538,59 \text{ р.}$$

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

$$C_{СБ.П} = C_{СБ} + C_{Д.СБ} + C_{СОЦ.СБ}, \quad (91)$$

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

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

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

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

$$C_{CB} = T_{CB} \cdot C_{Д.СБ} \cdot k_t, \quad (92)$$

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

Значение определяем по формуле:

$$T_{CB} = k_C \cdot \Sigma t_{CB}, \quad (93)$$

где  $t_{CB}$  – 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 18,0 чел.-ч.

$$T_{CB} = 1,25 \cdot 18 = 22,5 \text{ чел. - ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{CB} = 22,55 \cdot 147,59 \cdot 1,03 = 3427,99 \text{ р.},$$

$$C_{Д.СБ} = 0,1 \cdot 3427,99 = 342,79 \text{ р.},$$

$$C_{СОЦ.СБ} = 0,3 \cdot (3427,99 + 342,79) = 1131,23 \text{ р.}$$

$$C_{СБ.П} = 3427,99 + 342,79 + 1131,23 = 4902,01 \text{ р.}$$

В таблице 32 представлена полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке.



Таблица 32 – Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке

Значение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	3427,99
Дополнительная заработная плата	342,79
Страховые взносы в фонды	1131,23
Итого	4902,01

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{OH} = \frac{(C_{PP}' \cdot R_{OP})}{100}, \quad (94)$$

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

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

$$C'_{PP} = (C_{PP} + C_{CB}). \quad (95)$$

Подставив числовые значения в формулы (93, 94) получим:

$$C'_{PP} = 2173,85 + 3427,99 = 5601,84 \text{ р.}$$

$$C_{OH} = \frac{(5601,84 \cdot 15)}{100} = 840,27 \text{ р.}$$

«Для данной конструкции необходимо приобрести основную покупную деталь – манипулятор гидравлический Синегорец-75, а также метизы. Перечень покупных деталей представлен в таблице 33» [19].

Таблица 33 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Манипулятор гидравлический «Синегорец-75»	1	350000	350000
Болт	30	20,0	600,0
Гайка	30	10,0	300,0
Шайба	30	5,0	150,0
Итого:			351050,0

$$C_{\text{ИД}} = 350000 + 600 + 300 + 150 = 351050 \text{ р.}$$

Определим затраты на изготовление конструкции и сведем их в таблицу 34.

$$C_{\text{КОН}} = 80000 + 4538,61 + 4891,17 + 2237,70 + 351050 = 442717,48 \text{ р.}$$

Таблица 34 – Затраты на изготовление конструкции

Значение	Сумма, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	80000,00
Затраты на изготовление оригинальных деталей	4538,59
Затраты на сборку	4902,01
Общепроизводственные накладные расходы	2237,70
Стоимость покупных изделий (деталей)	351050,00
Итого:	442728,30

Общие затраты на изготовление конструкции манипулятора равны 442728,30 руб. Стоимость комплекта с установкой на автомобиль составит (1,125 – коэффициент, учитывающий монтаж) 498069,33 р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{\text{ПР}} - C_{\text{КОН}}, \quad (96)$$

где  $C_{\text{ПР}}$  – стоимость прототипа, р.» [11];

$$\mathcal{E}_r = 550000 - 442717,48 = 107282,52 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{OK} = \frac{C_{KOH}}{\mathcal{E}_r}, \quad (97)$$

$$O_{OK} = \frac{442717,48}{107282,52} = 4,12 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}\Phi} = \mathcal{E}_r - 0,15 \cdot C_{KOH} \quad (98)$$

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}\Phi} = 107282,52 - 0,15 \cdot 442717,48 = 40874,89 \text{ р.}$$

В таблице 35 представлены основные показатели проекта.

Таблица 35 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	550000,0	442717,48
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	-	107282,52
Экономический эффект	р.	-	40874,89
Срок окупаемости	год	-	4,12

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» определена эффективность разработки манипулятора для автомобилей КамАЗ с экономической стороны. Стоимость разработки манипулятора для автомобилей КамАЗ составляет 442717,48 рублей, срок окупаемости равен 4,12 года, что является допустимым для данной конструкции.

## Заключение

В данном дипломном проекте была разработана конструкция манипулятора для автомобилей КамАЗ.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

- рассмотрены технические характеристики гидроманипуляторов МУГ-70, Синегорец-75, F65S Loclift;
- 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 и так далее);
- выполнены следующие расчеты конструкции манипулятора: центра тяжести, проектных параметров, нагрузок, возникающих конструкции. Манипулятор в качестве сменного рабочего оборудования имеет крюковую подвеску, ротатор, клещевой захват и траверсу. Манипулятор установлен в задней части кузова автомобиля на дополнительной раме, что позволяет обслуживать большее рабочее пространство, чем манипулятор, установленный за кабиной автомобиля;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки манипулятора для автомобилей КамАЗ;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена эффективность разработки манипулятора для автомобилей КамАЗ с экономической стороны. Стоимость разработки манипулятора для автомобилей КамАЗ составляет 442717,48 рублей.

## 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.

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

Приложение А  
**Спецификации**

		Формат	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
		Зона						
Перв. примен.								
				<i>Документация</i>				
	A4		22.ДП.ПЭА.188.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1			
	A1		22.ДП.ПЭА.188.61.00.000.СБ	Сборочный чертёж	1			
Справ. №								
				<i>Детали</i>				
		1	22.ДП.ПЭА.188.61.00.001	Корпус основания	1			
		2	22.ДП.ПЭА.188.61.00.002	Колонна поворотная	1			
		3	22.ДП.ПЭА.188.61.00.003	Гильза гидроцилиндра	2			
		4	22.ДП.ПЭА.188.61.00.004	Штакрейка	1			
		5	22.ДП.ПЭА.188.61.00.005	Поршень	2			
		6	22.ДП.ПЭА.188.61.00.006	Демпфирующее устройство	2			
		7	22.ДП.ПЭА.188.61.00.007	Балка несущая опорная	1			
Подл. и дата		8	22.ДП.ПЭА.188.61.00.008	Цапфа	1			
		9	22.ДП.ПЭА.188.61.00.009	Выдвижная балка	2			
Инв. № дубл.		10	22.ДП.ПЭА.188.61.00.010	Карман крепления манипулятора	4			
		11	22.ДП.ПЭА.188.61.00.011	Подшипник верхний	1			
Взам. инв. №		12	22.ДП.ПЭА.188.61.00.012	Подшипник нижний	1			
		13	22.ДП.ПЭА.188.61.00.013	Поперечина	1			
Подл. и дата		14	22.ДП.ПЭА.188.61.00.014	Штуцер	2			
		15	22.ДП.ПЭА.188.61.00.015	Втулка	2			
Инв. № подл.		16	22.ДП.ПЭА.188.61.00.016	Гидроцилиндр	2			
		17	22.ДП.ПЭА.188.61.00.017	Шарнир с башмаком	2			
		18	22.ДП.ПЭА.188.61.00.018	Фиксатор	4			
		<b>22.ДП.ПЭА.188.61.00.000</b>						
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.	Разр.	Соловьев						
	Проб.	Черепанов						
		<b>Опорно-поворотное устройство</b>				Лит.	Лист	Листов
							1	2
						ТГУ ИМ г.р. АТс-1701б		
		Н.контр.	Черепанов					
		Утв.	Бабрадовский					

Копировал

Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на опорно-поворотное устройство



