

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)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Разработка универсального автомобиля технической помощи на

базе шасси автомобиля КамАЗ

Студент

Н.А. Жуков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

старший преподаватель В.Е. Епишкин

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

Консультанты

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

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

## **Аннотация**

В соответствии с заданием на выполнение ВКР, выданным кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей», была выполнена разработка универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ.

Цель работы: разработка универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ.

ВКР бакалавра включает в себя четыре раздела.

В первом разделе проведен анализ существующих конструкций манипуляторов на базе грузового автомобиля.

Во втором разделе выбрана компоновочная схема универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ.

В третьем разделе выполнено проектирование и расчет манипулятора.

В четвертом разделе рассмотрена безопасность и экологичность универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ.

Выпускная квалификационная работа состоит из 72 страниц, и включает в себя 28 иллюстраций, 34 таблицы, 18 источников.

## Содержание

Введение.....	3
1 Анализ существующих конструкций.....	5
1.1 Обзор базовых автомобилей для манипуляторов.....	6
1.2 Обзор гидроманипуляторов для техпомощи.....	9
2 Выбор компоновочной схемы.....	15
2.1 Выбор компоновочной схемы и её расчет.....	15
2.2 Расчет устойчивости техпомощи .....	24
3 Проектирование и расчет манипулятора .....	37
3.1 Расчет проектных параметров манипулятора.....	37
3.2 Расчет нагрузок манипулятора .....	41
3.3 Расчет шарнирных узлов.....	47
4 Безопасность и экологичность универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ .....	58
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ .....	58
4.2 Определение профессиональных рисков .....	59
4.3 Способы снижения профессиональных рисков .....	60
4.4 Пожарная безопасность универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ .....	63
4.5 Экологическая безопасность универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ .....	65
Заключение .....	68
Список используемой литературы и используемых источников.....	69
Приложение А Спецификация.....	72

## Введение

С начала 90–х годов и по настоящее время на Северном Сахалине происходит подъём в развитии добывающей промышленности. Как на самом острове, так и на близлежащем шельфе разведаны и разработаны огромные запасы углеродного сырья – нефти и газа. Добытые углеводороды наступают в терминалы Южного Сахалина и Хабаровского края. Значительная доля в транспортировании полезных ископаемых принадлежит трубопроводному транспорту.

Бурный рост добычи нефти и газа вызвал необходимость строительства на Сахалине путей сообщения, в основном автомобильных дорог. Строительство дорог затруднено отсутствием поблизости карьеров со строительными материалами (щебень, гравий), завозить их приходится из Тымовского района сахалинской области за десятки и сотни километров. Поэтому первостепенное значение приобретает хорошее состояние автомобильных дорог, по которым и доставляют все грузы.

Для строительства автодорог и трубопроводов, а также их содержания привлекается большое количество строительных и дорожных машин. Техника находится на значительном удалении от ремонтных баз в тяжёлых условиях севера. Поэтому для обеспечения высоких показателей производительности и надёжности необходимо своевременно и в полном объёме проводить работы планово-предупредительного ремонта.

Обслуживание и ремонт немобильной техники проводится в основном в полевых условиях передвижных мастерских. Однако часто возникает необходимость внепланового ремонта. Зачастую из строя выходят сложные, крупные агрегаты (двигатель, коробка передач, главная передача). Такие поломки ведут за собой большие простои техники. Обычно неисправный агрегат меняется прямо в полевых условиях, но иногда приходится эвакуировать машину техпомощью на ремонтную базу. Замена крупных агрегатов в полевых условиях производится при помощи комплекта машин

состоящего из грузового автомобиля и автомобильного крана. Это вызывает ряд организационных затруднений, поскольку кран зачастую бывает задействован на других работах. Кроме того, выполнение такой работы двумя большими дорогостоящими машинами ведёт к неоправданным издержкам. Самостоятельно же техпомощь с имеющимся оборудованием выполнить демонтажно-монтажные работы крупных агрегатов не в состоянии.

Поэтому было принято решение о проведении модернизации техпомощи на базе автомобиля КамАЗ-6510 и оборудовании её манипулятором грузоподъёмностью 3 тонны. Подобная модернизация позволит отказаться от услуг крана и значительно снизит издержки на ремонт техники.

Всемерное повышение уровня механизации работ ведёт к повышению производительности комплектов машин и снижению сроков выполнения работ, а качественный ремонт и обслуживание техники являются залогом получения предприятием высокой прибыли.

## **1 Анализ существующих конструкций**

Обслуживание и ремонт неомобильной техники проводится в основном в полевых условиях передвижных мастерских. Однако часто возникает необходимость внепланового ремонта. Зачастую из строя выходят сложные, крупные агрегаты (двигатель, коробка передач, главная передача). Такие поломки ведут за собой большие простои техники. Обычно неисправный агрегат меняется прямо в полевых условиях, но иногда приходится эвакуировать машину техпомощью на ремонтную базу. Замена крупных агрегатов в полевых условиях производится при помощи комплекта машин состоящего из грузового автомобиля и автомобильного крана. Это вызывает ряд организационных затруднений, поскольку кран зачастую бывает задействован на других работах. Кроме того, выполнение такой работы двумя большими дорогостоящими машинами ведёт к неоправданным издержкам. Самостоятельно же техпомощь с имеющимся оборудованием выполнить демонтажно-монтажные работы крупных агрегатов не в состоянии.

Специальные конструкторские бюро заводов ведут работу по дальнейшему совершенствованию серийно выпускаемых машин, повышению их технико-экономических показателей, улучшению условий труда машинистов.

В процессе модернизации выпускаемых машин повышается их грузоподъемность, в конструкциях широко применяют унифицированные механизмы, опорно-поворотные устройства, кабины и другие узлы.

Разрабатываются новые виды сменного рабочего оборудования, требующие для монтажа и демонтажа минимальных затрат ручного труда. Манипуляторы оборудуются гидравлическими выносными опорами.

Применение телескопических стрел с гидравлическим приводом подъема стрелы и выдвиганием ее секций, а также гидравлических

выносных спор, значительно сокращает время приведения кранов в рабочее состояние.

Представленный в данной работе гидроманипулятор на базе шасси автомобиля КАМАЗ-6510 в достаточной мере отвечает требованиям современного производства, обладает высокой маневренностью, независимостью, эксплуатационной гибкостью, удачно сочетает требования грузоподъемного и транспортного механизмов.

Гидроманипулятор безопасен в работе и имеет удобное управление. Компактное решение механизма поворота, включая выдвижную систему стрелы, гидравлический привод подъема, повышают маневренность манипулятора и значительно экономят время на установочные, монтажные и демонтажные, и погрузочные работы.

Сочетание свойств погрузочного и транспортного механизмов делают данный манипулятор универсальным, позволяют значительно снизить затраты горюче-смазочных материалов, эксплуатационные расходы, потребность в водителях транспортных средств, достичь высокой механизации и производительности труда погрузочно-разгрузочных работ.

Такой гидроманипулятор выгодно отличается от существующих соответствующего класса, громоздких, сложных и неудобных в управлении и тем более от комплектов машин «кран-автомобиль» эксплуатационные затраты которых практически вдвое превышают затраты предлагаемой техпомощи с гидроманипулятором.

### **1.1 Обзор базовых автомобилей для манипуляторов**

В данной работе будут рассмотрены шасси базовых автомобилей КамАЗ-6510 и Урал-4320.

Эти модели достаточно хорошо обладают свойствами, необходимыми автомобилю-сортаментовозу: высокая проходимость, хороший дорожный

просвет, высокая мощность двигателя (при установке на автомобиль КамАЗ-6510 немецкого двигателя KHD, В/F8L413), надежности автомобилей.

Основные габаритные размеры шасси автомобиля КамАЗ-6510 изображены на рисунке 1, шасси автомобиля Урал-4320 изображены на рисунке 2.

Краткие технические характеристики автомобиля КамАЗ-6510 сведены в таблицу 1, автомобиля Урал-4320 сведены в таблицу 2.

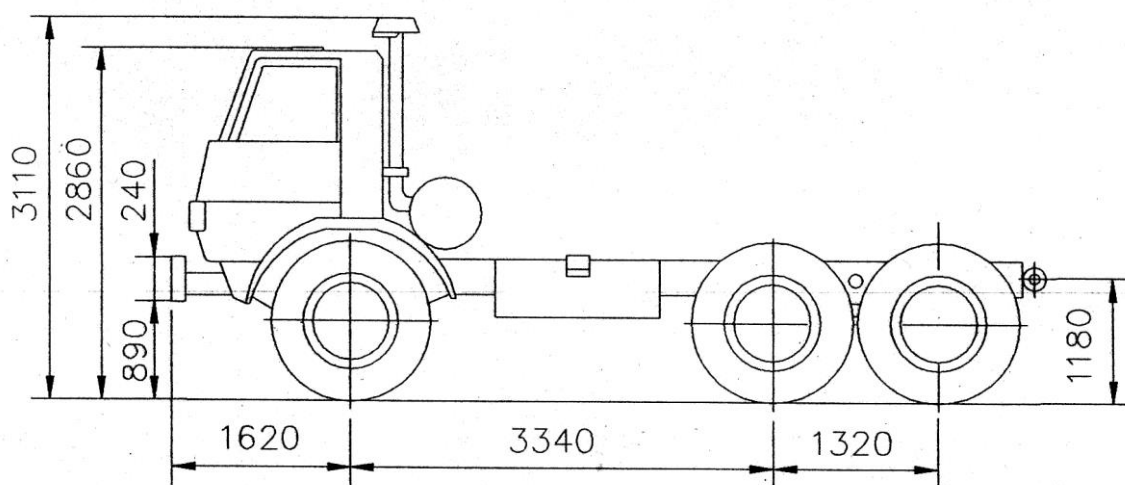


Рисунок 1 – Основные габаритные размеры автомобиля КамАЗ-6510

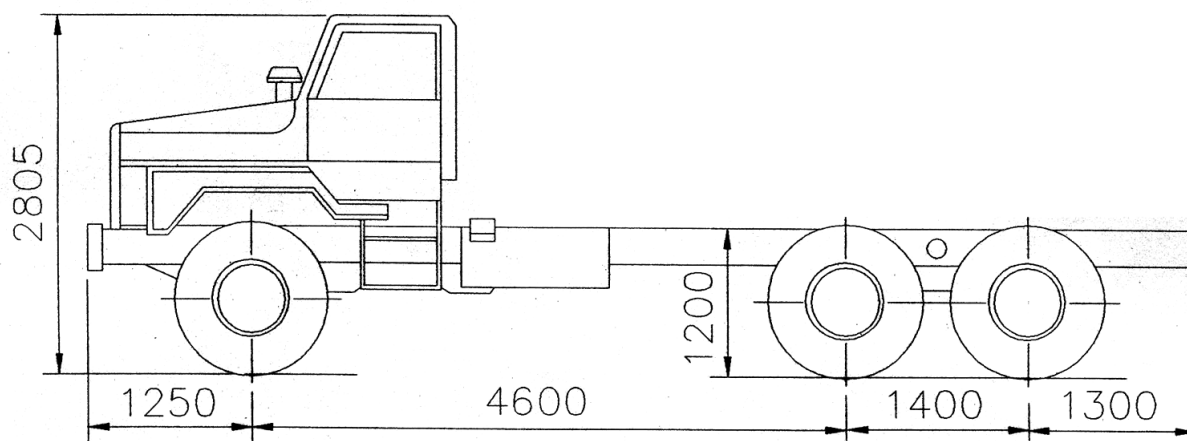


Рисунок 2 – Основные габаритные размеры автомобиля Урал-4320



Таблица 1 – Краткая техническая характеристика автомобиля-тягача КамАЗ-6510

Технические параметры	Значения
1	2
Двигатель, модель	KHD,B/F8L413
Мощность двигателя, л.с.	260
Номинальный оборот коленвала, об/мин	2200
Номинальный крутящий момент, кг·см	84.6
Передаточные числа коробки передач:	
– первая	6,57
– вторая	4,78
– третья	3,53
– четвертая	2,61
– пятая	1,86
– шестая	1,35
– седьмая	1,00
– восьмая	0,75
КПД коробки передач	0,98
Передаточные числа раздаточной коробки:	
– первая	1,692
– вторая	0,917
КПД раздаточной коробки	0,98
Передаточное число главной передачи	7,22
КПД главной передачи	0,97
КПД трансмиссии	0,89
База автомобиля, мм	4000
Межосевое расстояние задней тележки, мм	1320
Высота платформы, мм	1180
Расстояние от оси задней тележки до центра тяжести автомобиля, мм	1900
Высота центра тяжести автомобиля, мм	1180
Колея автомобиля, мм	
– передний мост	2026
– задняя тележка	1850
Шины	280-508P
Снаряженная масса, кг	10800
Допустимая полная масса, кг	23000
Расход топлива при скорости 40 км/ч, л/100 км	36
Ресурс автомобиля, тыс. км	200

Таблица 2 – Краткая техническая характеристика автомобиля-тягача Урал-4320

Технические параметры	Значения
1	2
Двигатель, модель	ЯМЗ-238
Мощность двигателя, л.с.	240
Номинальный оборот коленвала, об/мин	2100

## Продолжение таблицы 2

1	2
Номинальный крутящий момент, кг·см	81,9
Передаточные числа коробки передач:	
– первая	5,61
– вторая	1,89
– третья	1,64
– четвертая	1,00
– пятая	0,723
КПД коробки передач	0,96
Передаточные числа раздаточной коробки:	
– первая	2,15
– вторая	1,30
КПД раздаточной коробки	0,96
Передаточное число главной передачи	7,32
КПД главной передачи	0,96
КПД трансмиссии	0,82
База автомобиля, мм	5300
Межосевое расстояние задней тележки, мм	1400
Высота платформы, мм	1200
Расстояние от оси задней тележки до центра тяжести автомобиля, мм	2200
Высота центра тяжести автомобиля, мм	1150
Колея автомобиля, мм	
– передний мост	2000
– задняя тележка	2000
Шины	370-508
Снаряженная масса, кг	10450
Допустимая полная масса, кг	21200
Расход топлива при скорости 40 км/ч, л/100 км	29
Ресурс автомобиля, тыс. км	175

### 1.2 Обзор гидроманипуляторов для техпомощи

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 3 и рисунке 4.

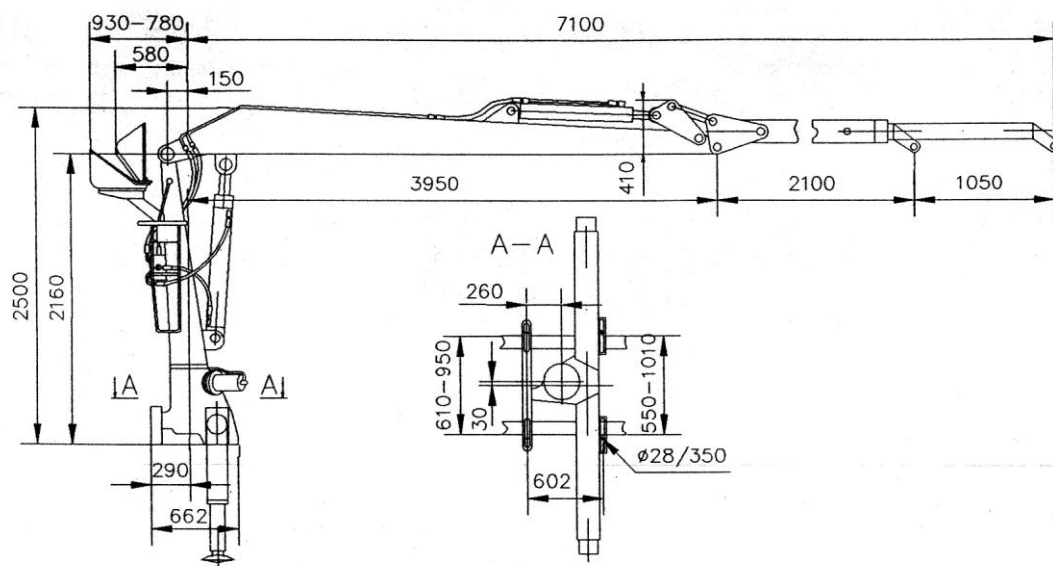


Рисунок 3 – Габаритные размеры манипулятора F65S Loclift

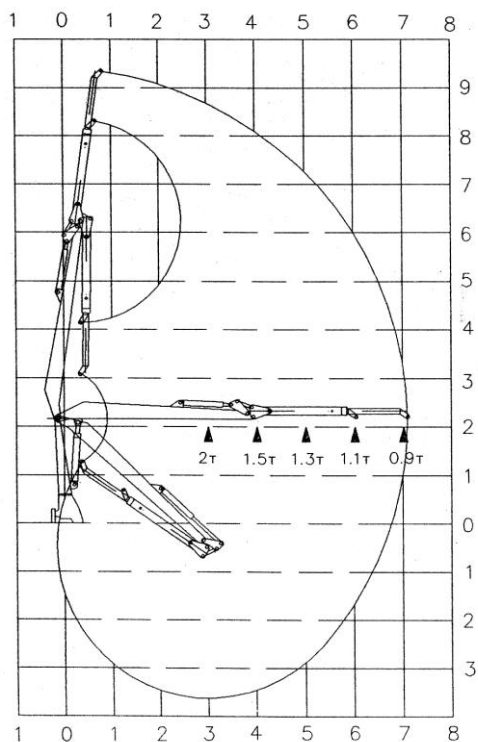


Рисунок 4 – Схема выноса манипулятора F65S Loclift

Технические данные манипулятора F65S Loclift представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические данные манипулятора F65S Loclift

Наименование параметра		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			
<b>Снаряжение</b>					
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
Вес, кг		210	220	190	200

Основные габаритные размеры и схема выноса манипулятора Синегорец-75 представлены на рисунке 5 и рисунке 6.

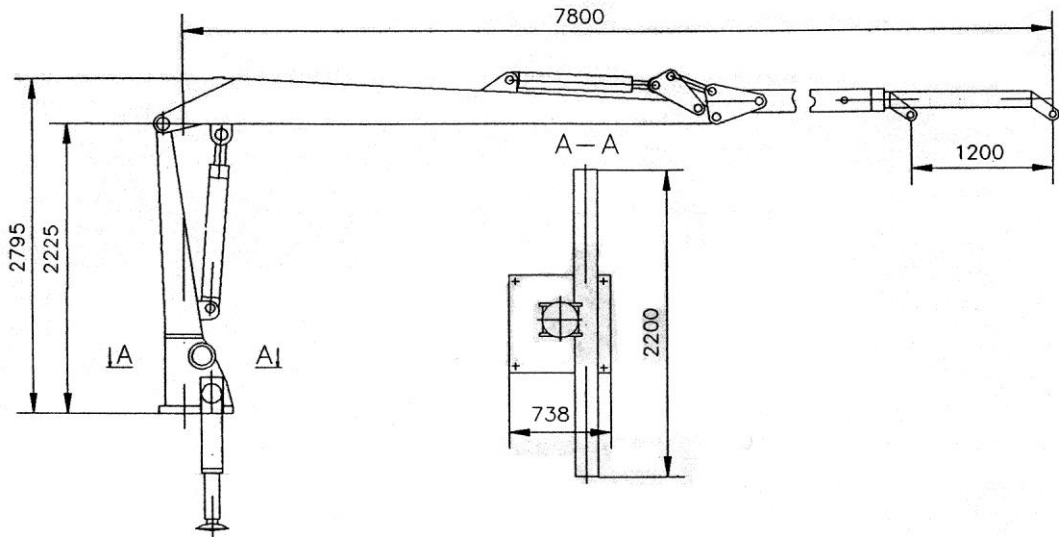


Рисунок 5 – Габаритные размеры манипулятора Синегорец-75

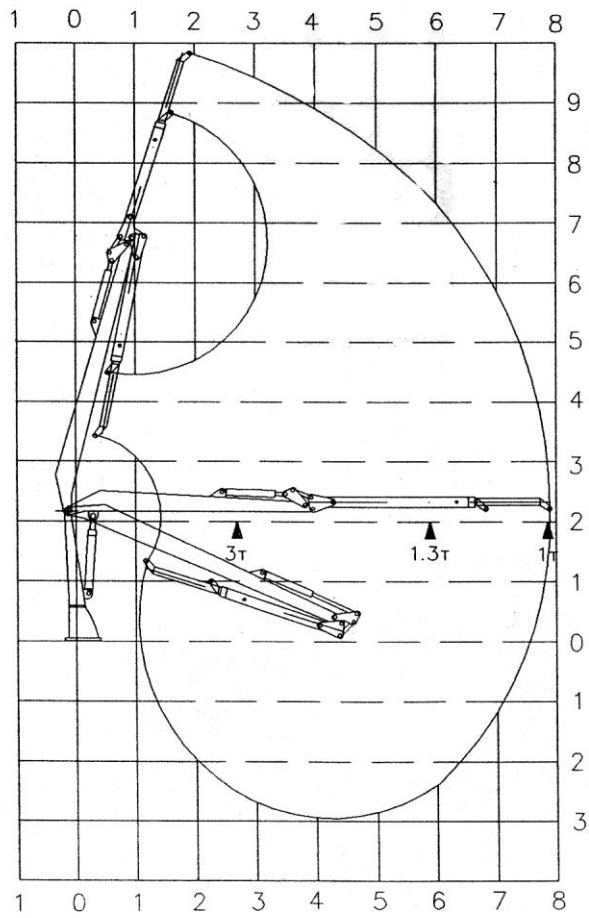


Рисунок 6 – Схема выноса

Технические данные манипулятора Снегорец-75 представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические данные манипулятора Снегорец-75

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	19
производительность, л/мин	34-60
потребляемая мощность, кВт	25
<b>Снаряжение</b>	
Ротатор: Угол поворота, град.	280
Вес, кг	40,5
Грейфер: Поперечное сечение, м <sup>2</sup>	0,5/0,35
Вес, кг	305/200

Основные габаритные размеры и схема выноса манипулятора МУГ-70 представлены на рисунке 7 и рисунке 8.

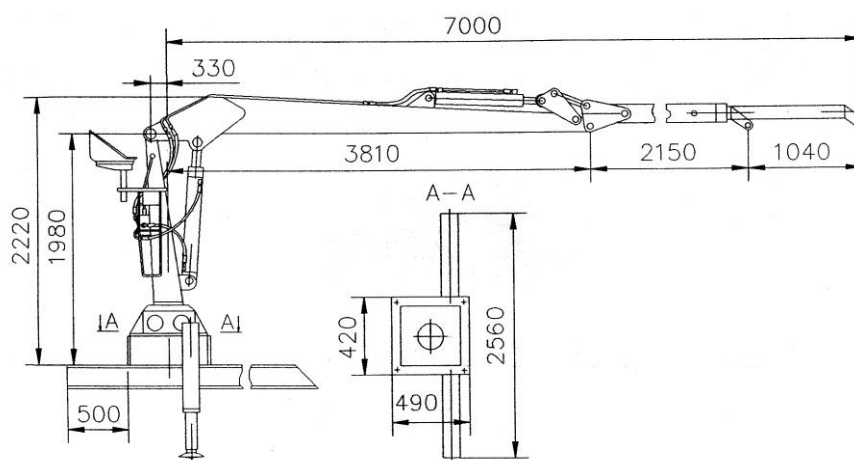


Рисунок 7 – Габаритные размеры манипулятора МУГ-70

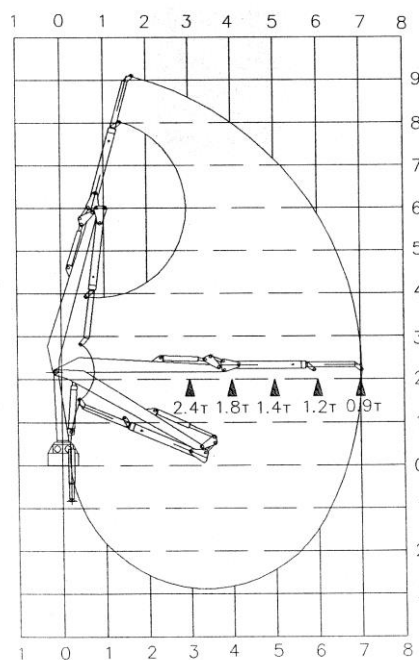


Рисунок 8 – Схема выноса

Технические данные манипулятора МУГ-70 представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические данные манипулятора МУГ-70

Наименование параметра	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

Выводы по разделу «Анализ существующих конструкций».

В разделе проведены обзоры технических характеристик базовых автомобилей (КамАЗ-6510 и Урал-4320) для манипуляторов, технические данные гидроманипуляторов МУГ-70, Синегорец-75, F65S Loclift для техпомощи.

## 2 Выбор компоновочной схемы

В данной части ВКР была выбрана компоновочная схема и произведены расчёты манипулятора на устойчивость, а также выполнен тяговый расчёт техпомощи.

### 2.1 Выбор компоновочной схемы и её расчет

#### 2.1.1 Расчет центра тяжести манипулятора

Расчетная схема манипулятора изображена на рисунке 9.

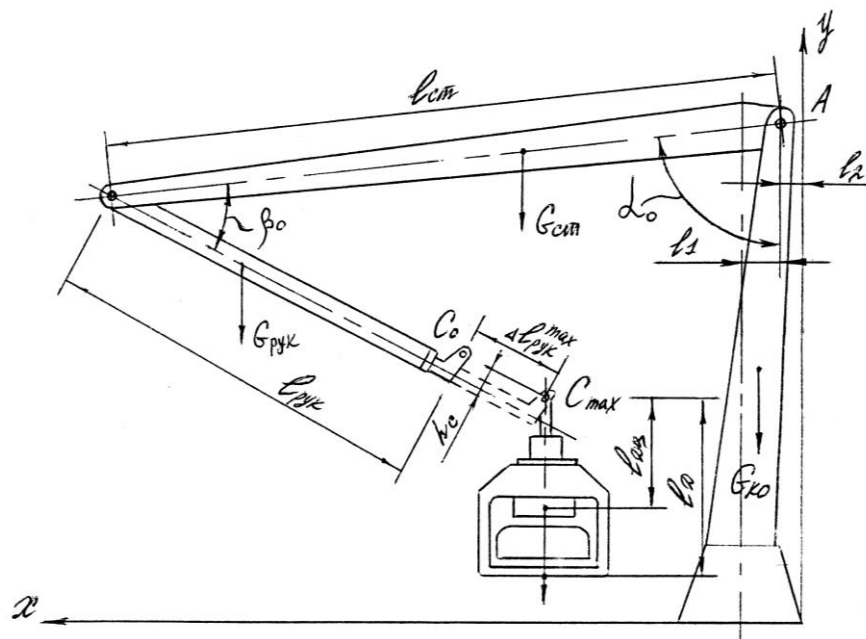


Рисунок 9 – Исходные данные для расчета центра тяжести манипулятора

Исходные данные для расчета:

1)  $X_A$ ,  $Y_A$  – координаты точки А;  $X_{АЦ}$ ,  $Y_{АЦ}$  – координаты центра тяжести колонны;  $G_{КО}$  – сила тяжести колонны, кН;

2)  $\alpha_0$  – минимальный угол подъема стрелы;  $\alpha_{max}$  – максимальный угол подъема стрелы;  $l_{cm}$  – длина стрелы, мм;  $l_{сц}$  – расстояние от точки А до центра тяжести стрелы, мм;  $G_{сц}$  – сила тяжести стрелы, кН;



3)  $\beta_0$  – минимальный угол выноса рукояти;  $\beta_{\max}$  – максимальный угол выноса рукояти;  $l_{рук}^0$  – минимальная длина рукояти (удлинитель задвинут), мм;  $l_{рук}^{\max}$  – максимальная длина рукояти (удлинитель выдвинут), мм;  $l_{сц}^0$  – расстояние от точки В до центра тяжести рукояти при задвинутом удлинителе, мм;  $l_{сц}^{\max}$  – расстояние от точки В до центра тяжести рукояти при выдвинутом удлинителе, мм;  $G_{рук}$  – сила тяжести рукояти, кН;  $h_c$  – высота от оси рукояти до точки С, мм;  $k$  – коэффициент, равный отношению изменения расстояния  $l_{сц}$  к изменению расстояния  $l_{рук}$ ;

4)  $l_d$  – расстояние от точки С до нижней точки грейфера, мм;  $l_{дц}$  – 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").

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.

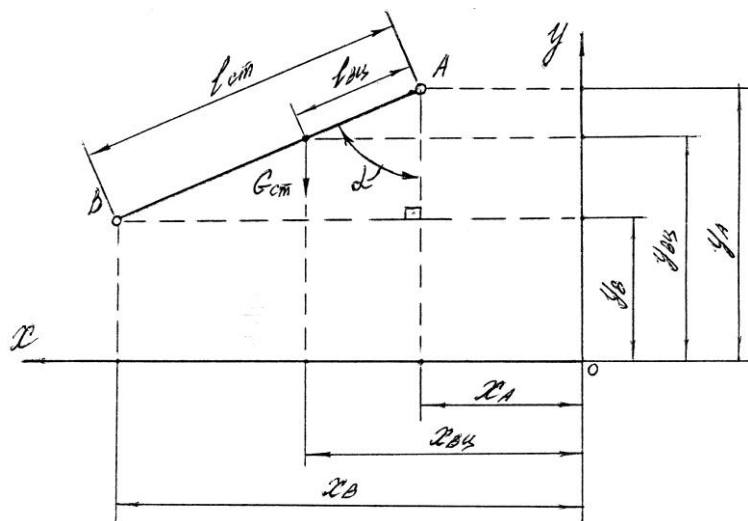


Рисунок 10 – Схема определения координат центра тяжести стрелы

Координаты центра тяжести определяются по формулам:

$$X_{BLI} = X_A + l_{BLI} \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

$$Y_{BLI} = Y_A + l_{BLI} \cdot \cos \alpha. \quad (2)$$

Координаты точки В определяются по формулам:

$$X_B = X_A + l_{cm} \cdot \sin \alpha, \quad (3)$$

$$Y_B = Y_A + l_{cm} \cdot \cos \alpha. \quad (4)$$

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.

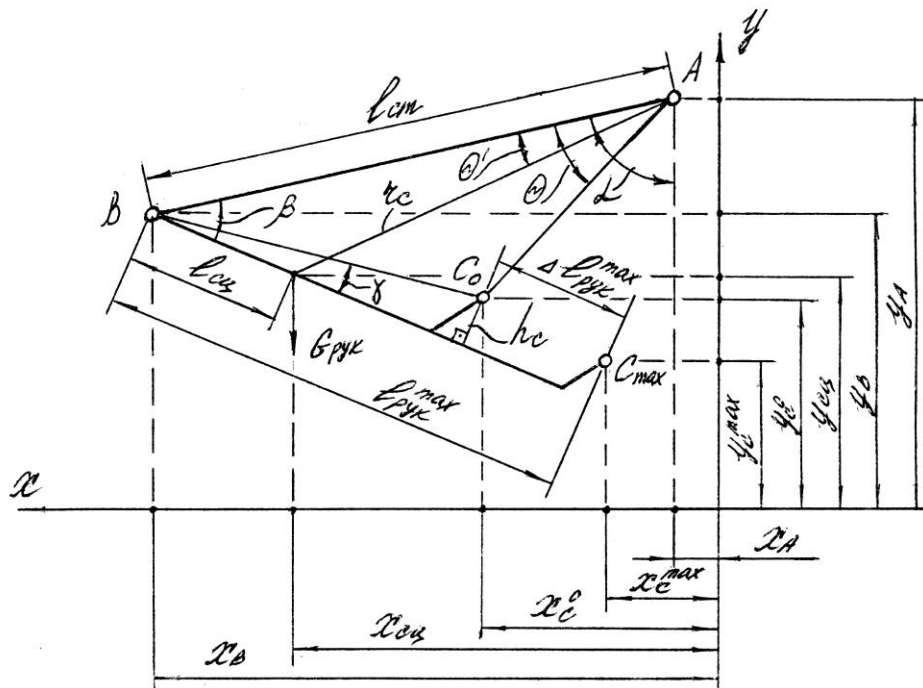


Рисунок 11 – Схема определения координат центра тяжести рукояти

Координаты точки С определяются по формулам:

$$X_C = X_A + AC \cdot \sin[(\alpha_0 + \Delta\alpha) - \Theta], \quad (5)$$

$$Y_C = Y_A + AC \cdot \cos[(\alpha_0 + \Delta\alpha) - \Theta], \quad (6)$$

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:

$$X_{цт} = X_A + r_C \cdot \sin[(\alpha_0 + \Delta\alpha) - \Theta'], \quad (7)$$

$$Y_{цт} = Y_A + r_C \cdot \cos[(\alpha_0 + \Delta\alpha) - \Theta'], \quad (8)$$

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

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

Расчет координат центра тяжести клещевого захвата.

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

Расчетная схема представлена на рисунке 12.

Координаты точки Д определяются по формулам:

$$X_D = X_C + l_D \cdot \sin \delta, \quad (9)$$

$$Y_D = Y_C + l_D \cdot \cos \delta. \quad (10)$$

Координаты точки центра тяжести захвата определяются по формулам:

$$X_{\text{шт}} = X_c + l_{\text{шт}} \cdot \sin \delta, \quad (11)$$

$$Y_{\text{шт}} = Y_c + l_{\text{шт}} \cdot \cos \delta. \quad (12)$$

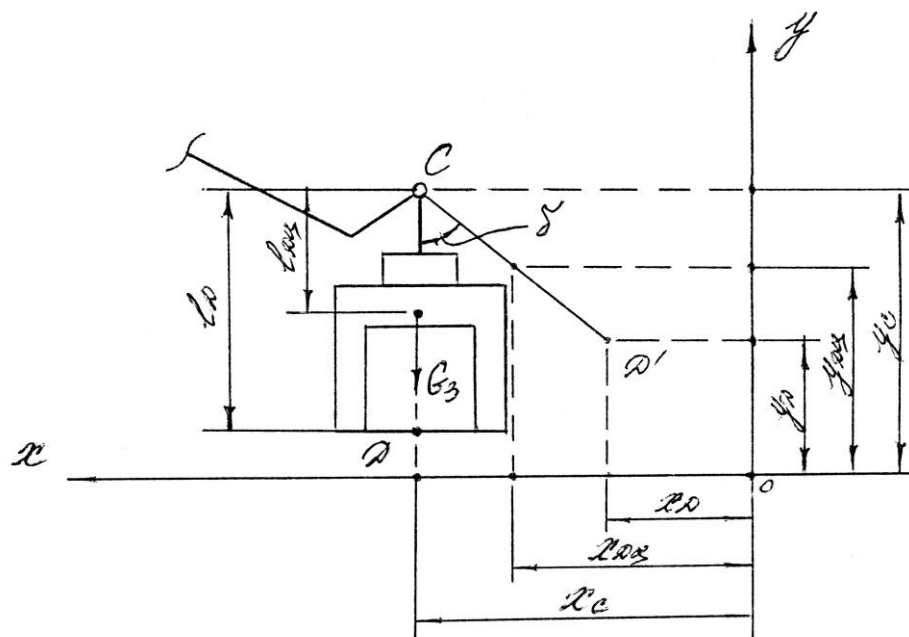


Рисунок 12 – Схема определения координат центра тяжести клещевого захвата

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.

Расчетная схема изображена на рисунке 13.

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

$$X_A = X_A^0 + l_1 - l_1 \cos \varphi, \quad (13)$$

$$Z_A = l_1 \sin \varphi. \quad (14)$$

$$Y_A = Y_A^0.$$

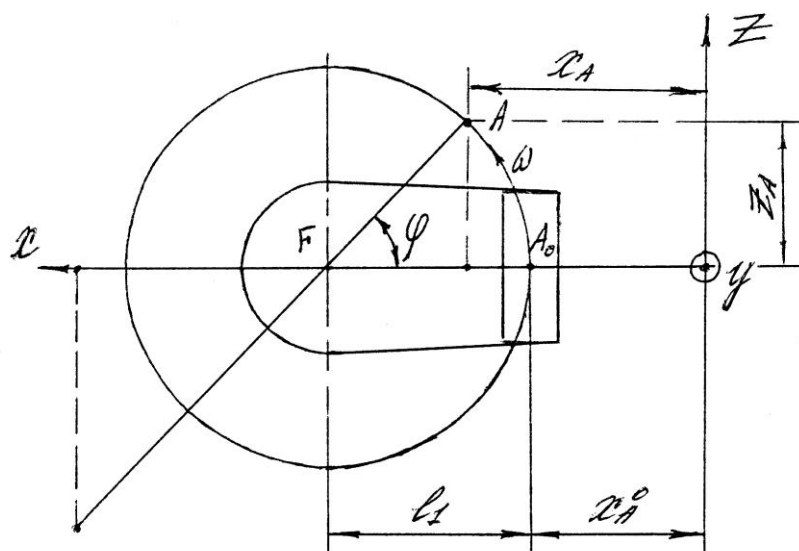


Рисунок 13 – Схема изменения координат при вращении колонны

### 2.1.2 Расчет центров тяжести манипуляторов

Производится расчет центров тяжести манипуляторов F65S Loclift, Синегорец-75 и МУГ-70 в транспортном положении и в положении при движении техпомощи с грузом.

Исходя из расчетов центров тяжести элементов манипулятора определяется центр тяжести всего манипулятора по формулам:

$$X_m^i = \frac{\sum_{i=1}^9 (X_i \cdot M_i)}{\sum_{i=1}^9 M_i}, \quad (15)$$

$$Y_m^i = \frac{\sum_{i=1}^9 (Y_i \cdot M_i)}{\sum_{i=1}^9 M_i}. \quad (16)$$

где  $X_i, Y_i$  – координаты центров тяжести элементов манипулятора в положении «с грузом»;

$M_i = M_j$  – массы элементов манипулятора;

$X_j, Y_j$  – координаты центров тяжести элементов манипулятора в положении "без груза";

$X_m^i, Y_m^i$  – координаты центра тяжести манипулятора в положении «с грузом»;

$X_m^j, Y_m^j$  – координаты центра тяжести манипулятора в положении «без груза».

Расчет производится по приведенному выше алгоритму. Исходные данные и результаты расчетов центра тяжести манипулятора F65S Loclift сведен в таблицу 6; результаты расчетов центра тяжести манипулятора Синегорец-75 сведены в таблицу 7; результаты расчета центра тяжести манипулятора МУГ-70 сведены в таблицу 8.

Таблица 6 – Расчет центра тяжести манипулятора F65S Loclift

Наименование элемента манипулятора	Параметры				
	$X_i$ , мм	$Y_i$ , мм	$M_i$ , кг	$X_j$ , мм	$Y_j$ , мм
Захват	1355	1700	200	1235	223
Ротатор	1820	1700	57	1510	570
Рукоять	2665	1800	95	2905	400
Стрела	1890	2300	180	1735	1445
Колонна	400	1000	370	400	1000
Основание	340	150	500	340	150
Аутригеры	170	700	140	170	700
Гидроцилиндр стрелы	570	1360	100	515	1120
Гидроцилиндр рукояти	3470	1590	80	3440	2370
Манипулятор	960	1065	1722	925	705

Таблица 7 – Расчет центра тяжести манипулятора Синегорец-75

Наименование элемента манипулятора	Параметры				
	$X_i$ , мм	$Y_i$ , мм	$M_i$ , кг	$X_j$ , мм	$Y_j$ , мм
Захват	4260	2700	265	1340	285
Ротатор	4795	2700	60	1640	735
Рукоять	4450	2680	120	3155	515
Стрела	2050	2975	225	1880	1870
Колонна	445	1295	465	445	1295
Основание	380	195	630	380	195
Аутригеры	190	700	175	190	700
Гидроцилиндр стрелы	635	1760	125	575	1450
Гидроцилиндр рукояти	3780	2320	100	3735	3065
Манипулятор	1550	1460	2165	1000	895

Таблица 8 – Расчет центра тяжести манипулятора МУГ-70

Наименование элемента манипулятора	Параметры				
	$X_i$ , мм	$Y_i$ , мм	$M_i$ , кг	$X_j$ , мм	$Y_j$ , мм
Захват	3810	2100	320	1200	220
Ротатор	4280	2100	50	1460	560
Рукоять	3685	2000	160	2610	390
Стрела	1605	2260	310	1470	1420
Колонна	260	1070	580	260	1070
Основание	245	285	765	245	285
Аутригеры	350	790	215	350	790
Гидроцилиндр стрелы	450	1395	120	405	2740
Гидроцилиндр рукояти	3420	1800	100	3345	2315
Манипулятор	1270	1200	2620	810	830

### 2.1.3 Компоновка манипулятора

Схема компоновки представлена на рисунке 14.

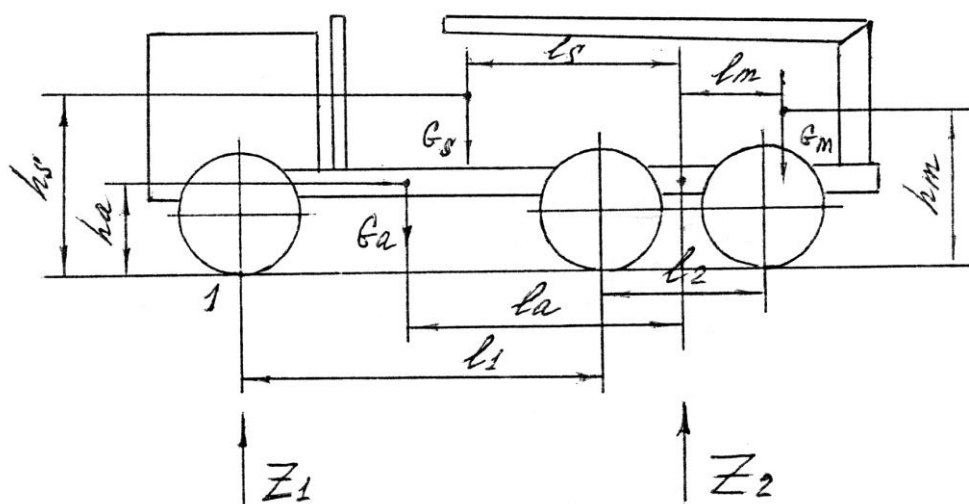


Рисунок 14 – Схема компоновки техпомощи

Центры тяжести манипуляторов приведены к оси задней тележки для удобства расчетов.

Рассматривая сумму моментов относительно точки 1, получаем формулу для определения реакции дороги на заднюю тележку техпомощи.

$$z_2 = \frac{G_a(l_1 + 0,5l_2 - l_a) + G_s(l_1 + 0,5l_2 - l_s) + G_m(l_1 + 0,5l_2 - l_m)}{l_1 + 0,5l_2}. \quad (16)$$

Рассматривая сумму моментов относительно точки 2, получаем формулу для определения реакции дороги на переднюю ось техпомощи:

$$z_1 = \frac{G_a \cdot l_a + G_s \cdot l_s - G_m \cdot l_m}{l_1 + 0,5l_2}. \quad (17)$$

Параметры компоновки для четырех манипуляторов и результаты расчетов сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Параметры компоновок техпомощи

Параметры компоновок	Техпомощи			
	КамАЗ F65S Loclift	КамАЗ Синегорец-75	КамАЗ МУГ-70	Урал Синегорец-75
$l_1$ , мм	3340	3340	3340	4600
$l_2$ , мм	1320	1320	1320	1400
$G_a$ , кг	10800	10800	10800	10450
$G_s$ , кг	10300	9900	9400	8450
$G_m$ , кг	1900	2300	2800	2300
$l_a$ , мм	1900	1900	1900	2200
$l_s$ , мм	700	940	700	400
$l_m^i$ , мм	1600	1400	1300	1000
$l_m^j$ , мм	1650	1950	1800	1550
$h_a$ , мм	1180	180	1180	1150
$h_s$ , мм	2450	2450	2450	2400
$h_m^i$ , мм	2460	2850	2600	2800
$h_m^j$ , мм	2100	2300	2230	2250
$z_1^i$ , кг	6160	6650	5865	4540
$z_2^i$ , кг	16840	16350	17135	16660
$z_1^j$ , кг	4360	4000	3870	3665
$z_2^j$ , кг	8340	9100	9730	9085



## 2.1.4 Расчет центров тяжести манипулятора

Для упрощения дальнейших расчетов будет целесообразно рассчитать координаты центров тяжести техпомощи в груженом и порожнем положениях.

Расчет производится по формулам:

$$X_c = \frac{G_a \cdot l_a + G_s \cdot l_s - G_m \cdot l_m}{G_a + G_s + G_m}, \quad (18)$$

$$Y_c = \frac{G_a \cdot h_a + G_s \cdot h_s - G_m \cdot h_m}{G_a + G_s + G_m}. \quad (19)$$

Исходные данные для расчета приведены в таблице 10. Результаты расчетов координат центров тяжести техпомощи представлены в таблице 11

Таблица 10 – Координаты центров тяжести манипулятор

Манипулятор	Координаты			
	С грузом		Без груза	
	$X_c^i$ , мм	$Y_c^i$ , мм	$X_c^j$ , мм	$Y_c^j$ , мм
КамАЗ F65S Loclift	1070	1855	1370	1320
КамАЗ Синегорец-75	1155	1895	1225	1375
КамАЗ МУГ-70	1020	1870	1140	1395
Урал Синегорец-75	1135	1825	1525	1350

## 2.2 Расчет устойчивости техпомощи

### 2.2.1 Расчет продольной статической устойчивости техпомощи на уклоне

Схема сил для определения максимального уклона для данного положения техпомощи представлена на рисунке 15.

Рассмотрим сумму моментов относительно точки А; принимая во внимание, что в момент отрыва переднего колеса  $Z_1 = 0$ .

Тогда:

$$G_C \cdot \cos \alpha \cdot X_C - G_C \sin \alpha \cdot Y_C = 0. \quad (20)$$

Из этого уравнения получается формула для определения максимального угла:

$$\alpha_{\max}^{cm} = \arctg \frac{X_C}{Y_C}. \quad (21)$$

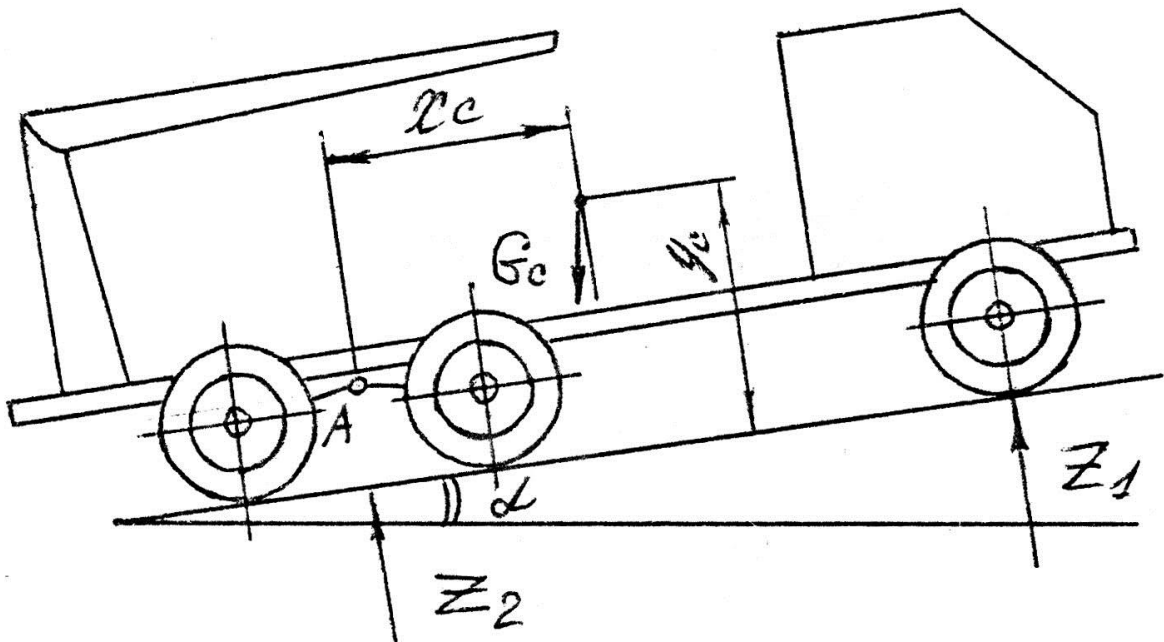


Рисунок 15 – Схема сил для продольной устойчивости техпомощи на уклоне в статике

Результаты расчетов сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Предельные углы уклона для статического положения

Параметры	Манипулятор			
	КамАЗ F65S Loclift	КамАЗ Синегорец-75	КамАЗ МУГ-70	Урал Синегорец-75
$\alpha_{\max i}^{cm}$ , град	30	31,4	28,6	31,9
$\alpha_{\max j}^{cm}$ , град	46,1	41,7	39,3	48,5

## 2.2.2 Расчет максимального угла подъема при движении техпомощи на уклоне

Схема сил для определения максимального угла подъема для данного положения техпомощи представлена на рисунке 15.

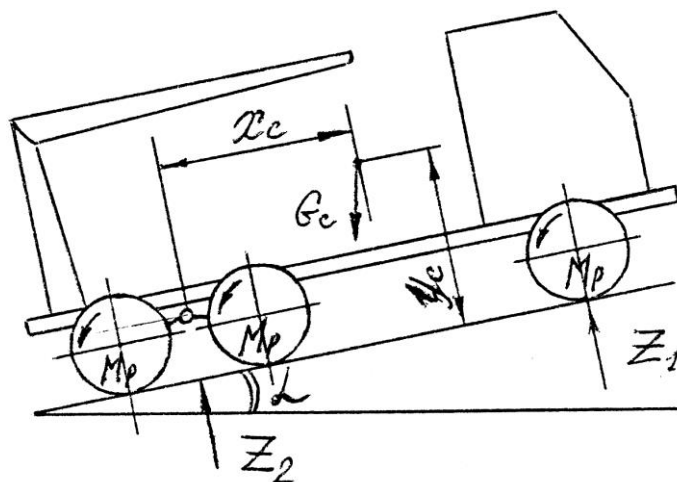


Рисунок 15 – Схема сил для продольной устойчивости техпомощи при движении на подъем

Рассмотрим систему моментов относительно точки А, принимая во внимание что  $Z_1 = 0$  в момент отрыва колеса.

Тогда:

$$G_c \cdot \cos \alpha \cdot X_c - G_c \sin \alpha \cdot Y_c - M_p = 0, \quad (22)$$

где  $M_p$  – реактивный момент, кгс·м.

Реактивный момент рассчитывается по формуле:

$$M_p = G \cos \alpha \cdot f \cdot r_k + G \sin \alpha \cdot r_k, \quad (23)$$

где  $f = 0,04$  - коэффициент трения качения;

$r_k$  – динамометрический радиус колеса, м.

Динамический радиус колеса определяется по формуле:

$$r_k = 0,93...0,97\left(\frac{\alpha_{uu}}{2} + h_{uu}\right), \quad (24)$$

где  $\alpha_{uu}$  – внутренний диаметр шины, м;

$h_{uu}$  – высота обода шины, м.

Здесь  $h_{uu} = b_{uu}$ , где  $b_{uu}$  – ширина шины, м.

Тогда максимальный угол подъема определяется по формуле:

$$\alpha_{\max}^{\text{дин}} = \text{arctg} \frac{X_C - f \cdot r_k}{Y_C + r_k}. \quad (25)$$

Предельный угол подъема ограничивается сцеплением движителя с почвой и определяется по формуле:

$$\alpha_{\max}^{\varphi} = \text{arctg}(\varphi - f), \quad (26)$$

где  $\varphi = 0,5$  – коэффициент сцепления колес с грунтовой дорогой.

Предельный угол подъема ограничивается мощностью движителя и определяется по формуле:

$$\alpha_{\max}^{Ne} = \arcsin \frac{P_0 \cdot G - \sqrt{S^2 + G^2 - P_0^2}}{S^2 + G^2}, \quad (27)$$

где  $P_0$  – касательная сила тяги, кгс;

$S$  – суммарная сила сопротивления движению машины, кгс.

Касательная сила тяги определяется по формуле:

$$P_0 = \frac{M_e \cdot i_{\text{общ}} \cdot \eta_m}{r_k}, \quad (28)$$

где  $M_e$  – эффективный крутящий момент на валу двигателя, кгс·м;

$i_{общ}$  – общее передаточное число трансмиссии;

$\eta_m$  – КПД трансмиссии.

Суммарная сила сопротивления движению техпомощи определяется по формуле:

$$S = G \cos \alpha \cdot f. \quad (29)$$

Необходимые исходные данные и результаты вычисления представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Предельные углы подъема в динамике

Параметры	Техпомощи			
	КамАЗ F65S Loclift	КамАЗ Синегорец-75	КамАЗ МУГ-70	Урал Синегорец-75
$r_k$ , м	0,507	0,507	0,507	0,592
$\alpha_{\max i}^{дин}$ , град	24	25,3	22,8	24,7
$\alpha_{\max j}^{дин}$ , град	36,5	32,6	30,5	37,7
$\alpha_{\max}^{\varphi}$ , град	29,3	29,3	29,3	29,3
$P_0$ , кгс	11919	11919	11919	10016
$S_i$ , кгс	883	883	883	814
$S_j$ , кгс	488	503	522	490
$\alpha_{\max i}^{Ne}$ , град	30	30	30	26
$\alpha_{\max j}^{Ne}$ , град	67,5	63,2	58,9	49,5

### 2.2.3 Расчет поперечной устойчивости техпомощи в транспортном положении на склоне

Расчетная схема сил для определения минимального угла склона для данного положения техпомощи представлена на рисунке 16.

Рассмотрим сумму моментов относительно точки А, принимая во внимание, что в момент отрыва колеса  $Z_2 = 0$ .

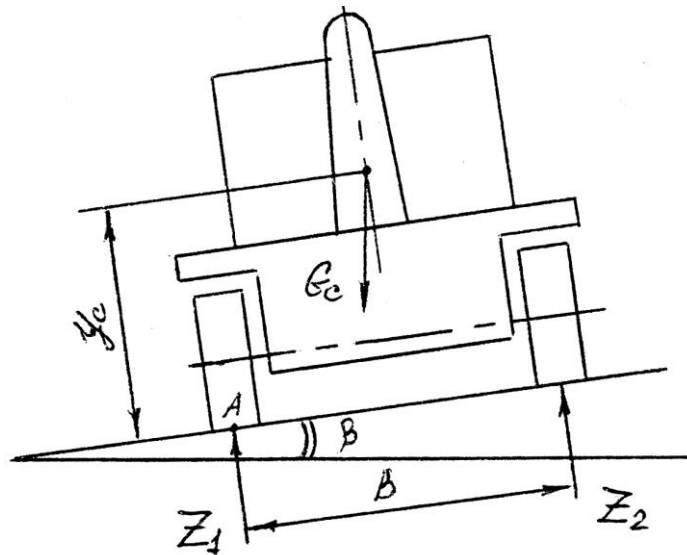


Рисунок 16 – Схема сил для определения поперечной устойчивости в транспортном положении

Тогда:

$$G_c \cos \beta \cdot \frac{B}{2} = G_c \sin \beta \cdot Y_c. \quad (30)$$

Отсюда максимальный угол склона определяется по формуле:

$$\beta_{\max} = \arctg \frac{0,5B}{Y_c}. \quad (31)$$

Результаты расчета максимального угла для различных видов компоновки техпомощи представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет поперечной устойчивости в транспортном положении

Параметры	Техпомощи			
	КамАЗ F65S Loclift	КамАЗ Синегорец-75	КамАЗ МУГ-70	Урал Синегорец-75
$B$ , м	1,85	1,85	1,85	2
$\beta_{\max}^i$ , град	26,5	26	26,3	28,7
$\beta_{\max}^j$ , град.	35	33,9	33,6	36,5

## 2.2.4 Расчет устойчивости техпомощи с максимальным вылетом манипулятора в сторону

Расчетная схема сил, действующих на техпомощь представлена на рисунке 17.

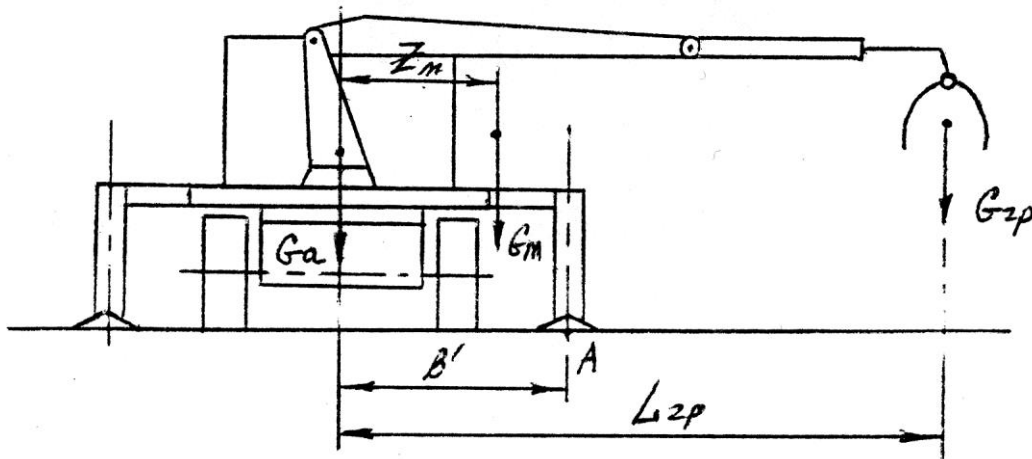


Рисунок 17 – Схема сил для определения поперечной устойчивости техпомощи при работе манипулятора на максимальном вылете

Рассмотрим моменты относительно точки А. Устойчивость характеризуется коэффициентом устойчивости:

$$K_{уст} = \frac{M_{стаб}}{M_{опр}}, \quad (32)$$

где  $M_{стаб}$  – стабилизирующий момент, кгс·м;

$M_{опр}$  – опрокидывающий момент.

Стабилизирующий момент определяется по формуле:

$$M_{стаб} = G_a \cdot B' + G_m (B' - Z_m), \quad (33)$$

где  $G_a$  – вес порожнего автомобиля, кг;

$B'$  – половина расстояния между аутригерами, м;

$Z_m$  – координата  $Z$  манипулятора в системе координат  $OYZ$  м;

$G_m$  – вес манипулятора, кг.

Координата  $Z_m$  в данном случае равна:

$$Z_m = X_m - X_A^0 - l_1 \sin \varphi, \quad (34)$$

где  $\varphi = 90^\circ$  – угол поворота платформы;

$X_m$  – координата центра тяжести манипулятора, мм;

$X_A^0$  – расстояние между осью 0Y и точкой А в транспортном положении манипулятора, мм;

$l_1$  – расстояние между осью поворота колонны и точкой А, мм.

Опрокидывающий момент определяется как:

$$M_{опр} = G_{зр} \cdot (L_{зр} - B'), \quad (35)$$

где  $L_{зр}$  – расстояние от оси поворота колонны до груза при максимальном вылете, м.

Результаты расчетов представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет поперечной устойчивости при погрузке

Параметры	Манипуляторы			
	КамАЗ F65S Loclift	КамАЗ Синегорец-75	КамАЗ МУГ-70	Урал Синегорец-75
$G_a$ , кгс	10800	10800	10800	10450
$G_m$ , кгс	1900	2300	2800	2300
$B'$ , м	1,12	1,1	1,28	1,1
$Z_m$ , м	0,59	1,18	1,025	1,18
$G_{зр}$ , кгс	900	1000	900	1000
$L_{зр}$ , м	7,1	7,8	7,0	7,8
$M_{стаб}$ , кгс·м	13100	11700	13820	11310
$M_{опр}$ , кгс·м	5380	6700	5150	6700
$K_{уст}$	2,44	1,75	2,68	1,69



Допустимая величина коэффициента устойчивости  $[K_{ecn}] \geq 1,4$ .

Следовательно, для всех техпомощей условие устойчивости выполняется.

### 2.2.5 Расчет устойчивости техпомощи при поперечном склоне с максимальным вылетом манипулятора

Расчетная схема сил для определения устойчивости при данном положении техпомощи представлена на рисунке 18.

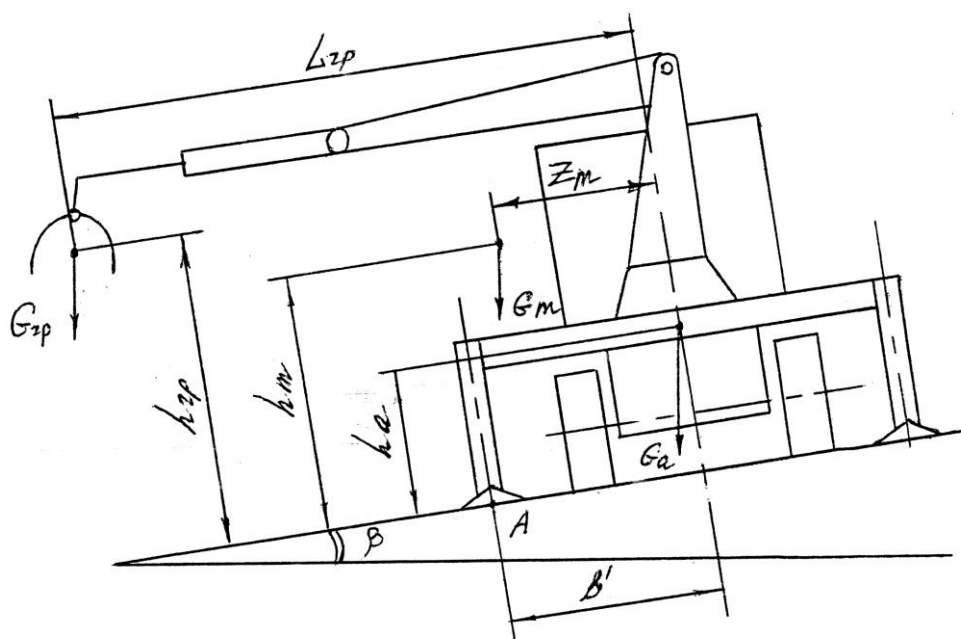


Рисунок 18 – Схема сил для определения устойчивости при работе на уклоне

Рассмотрим моменты относительно точки А. Устойчивость характеризуется коэффициентом устойчивости, который определяется по формуле:

$$K_{уст} = \frac{M_{стаб}}{M_{опр}}. \quad (36)$$

В данном случае стабилизирующий момент будет равен:

$$M_{стаб} = G_a \cdot B' \cos \beta + G_m (B' - Z_m) \cos \beta. \quad (37)$$

Опрокидывающий момент будет равен:

$$M_{опр} = G_a \cdot h_a \sin \beta + G_m \cdot h_m \sin \beta + G_{zp} (L_{zp} - B') \cos \beta + G_{zp} \cdot h_{zp} \sin \beta, \quad (38)$$

где  $h_a$  – высота центра тяжести базового автомобиля, м;

$h_m$  – высота центра тяжести манипулятора, м;

$h_{zp}$  – высота подъема груза при максимальном вылете манипулятора, м.

Подставив данные выражения в формулу и проведя необходимые математические преобразования, получаем формулу для определения максимального угла поперечного уклона при данном положении техпомощи:

$$\beta = \arctg \frac{\left[ \frac{1}{K_{уст}} - \frac{G_{zp} (L_{zp} - B')}{G_a \cdot B' + G_m (B' - Z_m)} \right] \cdot [G_a \cdot B' + G_m (B' - Z_m)]}{G_a \cdot h_a + G_m \cdot h_m + G_{zp} \cdot h_{zp}}. \quad (39)$$

Исходя из условия, что допустимый коэффициент устойчивости  $[K_{уст}] \geq 1,4$ , производится расчет максимального угла поперечного уклона для данной техпомощи.

Исходные данные и результаты расчета максимального угла представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет продольной устойчивости при работе техпомощи на склоне

Параметры	Манипулятора			
	КамАЗ F65S Loclift	КамАЗ Синегорец-75	КамАЗ МУГ-70	Урал Синегорец-75
$h_a$ , м	1,180	1,1180	1,180	1,150
$h_m$ , м	2,460	2,850	2,600	2,800
$h_{zp}$ , м	3,100	2,580	2,330	2,530
$\beta_{max}$	11		13,3	3,7

### 2.2.6 Расчет устойчивости при движении техпомощи на повороте

Условие опрокидывания техпомощи при движении на повороте определяется по формуле:

$$V_0 = \sqrt{\frac{B \cdot g \cdot R}{2h_u}}, \quad (40)$$

где  $B$  – ширина колеи автомобиля, м;

$R$  – радиус поворота техпомощи, м;

$h_u$  – высота центра тяжести техпомощи, м;

$V_0$  – скорости движения при опрокидывании.

При движении техпомощи на повороте возможен случай заноса.

Условие заноса автомобиля укладывается в формулу:

$$V_3 = \sqrt{\frac{\varphi}{gR}}, \quad (41)$$

где  $\varphi=0,6$  – коэффициент скольжения для грунтовой дороги с щебеночным покрытием.

Желательно, чтобы выполнялось условие  $V_0 \geq V_3$ .

Необходимые исходные данные и результаты расчетов представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет устойчивости техпомощи при движении на повороте

Параметры	Манипуляторы			
	КамАЗ F65S Loclift	КамАЗ Синегорец-75	КамАЗ МУГ-70	Урал Синегорец-75
1	2	3	4	5
$V_{\max}$ , м/с	23,84	23,84	23,84	18,9
$V_{\min}$ , м/с	1,47	1,47	1,47	1,28
$h_u$ , м	1,855	1,895	1,87	1,825
$B$ , м	1,85	1,85	1,85	2,0

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
$R_{\max}^3$ , м	96,6	96,6	96,6	60,7
$R_{\max}^0$ , м	116,2	118,7	117,1	66,5
$R_{\min}^0$ , м	0,44	0,45	0,45	0,31
$R_{\min}^3$ , м	0,36	0,36	0,36	0,28

### 2.2.7 Тяговый расчет техпомощи

По данным технических характеристик автомобилей КамАЗ и Урал (таблицы 1 и 2) производится расчет тяговой характеристики для данных автомобилей. Скорость движения на различных передачах определяется по формуле:

$$V = 0,377 \frac{r_k \cdot n_e}{i_{mp}}, \quad (42)$$

где  $n_e$  – крутящий момент на валу электродвигателя, об/мин;

$i_{mp}$  – передаточное число трансмиссии.

Результаты расчета для автомобиля КамАЗ представлены в таблице 17, для автомобиля Урал в таблице 18.

Таблица 17 – Тяговая характеристика автомобиля КамАЗ-6510

Передача	Параметры	Обороты двигателя, об/мин					
		1200	1400	1600	1800	2000	2200
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$P$ , кгс	6928	7000	7045	6980	6786	6463
	$V$ , км/ч	5,27	6,15	7,03	7,91	8,79	9,67
2	$P$ , кгс	5041	5092	5125	5078	4937	4702
	$V$ , км/ч	7,25	8,46	9,66	10,87	12,08	13,29
3	$P$ , кгс	3723	3761	3785	3750	3646	3473
	$V$ , км/ч	9,81	11,45	13,09	14,72	16,36	17,99
4	$P$ , кгс	2752	2781	2799	2773	2696	2568
	$V$ , км/ч	13,27	15,49	17,70	19,91	22,12	24,33
5	$P$ , кгс	1961	1982	1994	1976	1921	1830
	$V$ , км/ч	18,63	21,73	24,83	27,94	31,04	34,15
6	$P$ , кгс	1424	1438	1448	1434	1394	1328
	$V$ , км/ч	25,66	29,94	34,22	38,49	42,77	47,05

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7	8
7	$P$ , кгс	1055	1065	1072	1062	1033	984
	$V$ , км/ч	34,64	40,42	46,19	51,96	57,74	63,51
8	$P$ , кгс	780	788	793	786	764	728
	$V$ , км/ч	49,81	54,62	62,42	70,22	78,02	85,83

Таблица 18 – Тяговая характеристика автомобиля Урал-4320

Передача	Параметры	Обороты двигателя, об/мин					
		1100	1300	1500	1700	1900	2100
1	$P$ , кгс	7042	7114	7160	7095	6898	6569
	$V$ , км/ч	4,60	5,43	6,27	7,11	7,94	8,78
2	$P$ , кгс	3628	3665	3689	3655	3553	3384
	$V$ , км/ч	8,93	10,55	12,17	13,80	15,42	17,04
3	$P$ , кгс	2059	2080	2093	2074	2016	1920
	$V$ , км/ч	15,73	18,59	21,45	24,31	27,17	30,03
4	$P$ , кгс	1255	1268	1276	1265	1230	1171
	$V$ , км/ч	25,80	30,49	35,18	39,87	44,56	49,25
5	$P$ , кгс	908	917	923	914	889	847
	$V$ , км/ч	35,68	42,17	48,66	55,15	61,63	68,12

Выводы по разделу «Выбор компоновочной схемы».

В разделе проведен выбор компоновочной схемы манипулятора и проведен расчет ее центра тяжести.

Выполнен расчет устойчивости техпомощи:

- продольной статической устойчивости техпомощи на уклоне;
- максимального угла подъема при движении техпомощи на уклоне;
- поперечной устойчивости техпомощи в транспортном положении на склоне;
- техпомощи с максимальным вылетом манипулятора в сторону;
- техпомощи при поперечном склоне с максимальным вылетом манипулятора;
- устойчивости при движении техпомощи на повороте;
- тяговый расчет техпомощи.

### 3 Проектирование и расчет манипулятора

#### 3.1 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;
- $G_{см} = 1,76$  кН – сила тяжести стрелы;
- $G_C = 0,29$  кН – сила тяжести механизмов складывания стрелы;
- $G_{zp} = 0,78$  кН – сила тяжести гидроцилиндра рукояти;
- $G_{rc} = 0,98$  кН – сила тяжести гидроцилиндра стрелы;
- $L_3, L_{рук}, L_{см}, L_c, L_{zp}, L_{rc}$  – плечи указанных выше сил для трех положений манипулятора (приведенных в таблице 19, относительно шарнира и в таблице 20 – относительно шарнира С);
- $h_1, h_2, h_3$  – плечи усилий в механизме складывания относительно шарниров С и С' (рисунок 19). Значения для трех положений манипулятора приведены в таблице 3.2;
- $H$  – плечо действия усилия  $P_{cc}$ , развиваемого гидроцилиндрами стрелы, относительно шарнира В (рисунок 19).

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

Расчетная схема манипулятора представлена на рисунке 19.

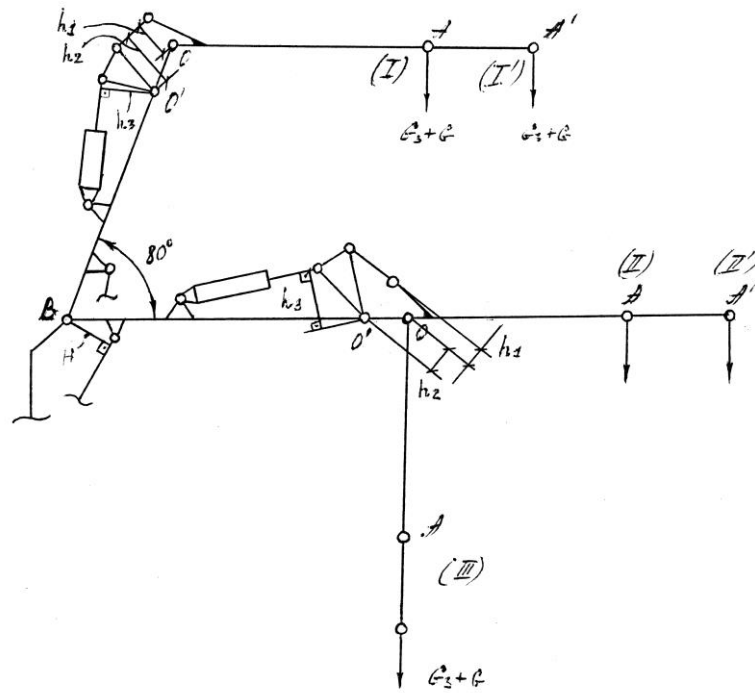


Рисунок 19 – Расчетная схема манипулятора для трех положений

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

$$P_{sc} = \frac{2\pi \cdot D^2 \bar{\rho}}{4} \eta, \quad (43)$$

где  $D = 125$  м – диаметр поршня гидроцилиндра стрелы;

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

$\eta = 0,92$  – КПД гидроцилиндра.

Таким образом:

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

Максимальное усилие  $P_{sp}$ , развиваемое штоковой полостью гидроцилиндра рукояти манипулятора определяется по формуле:

$$P_{zc} = \frac{2\pi \cdot (D^2 - d^2) \bar{\rho}}{4} \eta, \quad (43)$$

где  $D = 0,115$  м – диаметр поршня гидроцилиндра рукояти;

$d = 0,06$  м – диаметр штока гидроцилиндра рукояти.

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:

$$G_c = \frac{H \cdot P_{zc}}{L_3(1 + \eta_{об})} - \frac{\sum_{i=1}^6 M_i}{L_3}, \quad (44)$$

где  $\eta_{об} = 0,9^n$ , здесь  $n = 3$  – количество шарниров, трение которых необходимо преодолевать гидроцилиндру стрелы.

Тогда  $\eta_{об} = 0,9^3 = 0,73$ .

Для гидроцилиндра рукояти:

$$G_c = \frac{P_{zc} \frac{h_1 \cdot h_3}{h_2}}{L_3(1 + \eta_{об})} - \frac{\sum_{i=1}^6 M_i}{L_3}, \quad (45)$$

где  $\eta_{об} = 0,9^n$ , здесь  $n = 6$ , тогда  $\eta_{об} = 0,9^6 = 0,53$ .



Результаты расчетов сведены в таблицу 19 и таблицу 20.

Таблица 19 – Параметры манипулятора относительно шарнира В

Параметры	Положения манипулятора				
	I	I'	II	II'	III
$L_3, \text{м}$	2,81	3,86	6,2	7,23	7,05
$M_1, \text{кН}\cdot\text{м}$	6,89	2,46	15,19	17,76	9,82
$L_{\text{рук}}, \text{м}$	1,53	1,97	5,01	5,54	4,16
$M_2, \text{кН}\cdot\text{м}$	0,9	1,16	2,56	3,21	2,45
$L_{\text{см}}, \text{м}$	0,04	0,04	1,07	1,67	1,07
$M_3, \text{кН}\cdot\text{м}$	0,07	0,07	2,94	2,94	2,94
$L_c, \text{м}$	0,71	0,71	3,85	3,85	7,08
$M_4, \text{кН}\cdot\text{м}$	0,21	0,21	1,12	1,12	1,18
$L_{\text{сп}}, \text{м}$	0,21	0,21	3,04	3,04	2,6
$M_5, \text{м}$	0,16	0,16	2,37	2,37	2,03
$L_{\text{рс}}, \text{м}$	0,24	0,24	0,85	0,85	0,85
$M_6, \text{кН}\cdot\text{м}$	0,24	0,24	0,83	0,83	0,83
$H, \text{м}$	0,2	0,2	0,43	0,43	0,43
$\sum_{i=1}^6 M_i, \text{кН}\cdot\text{м}$	8,47	11,3	25,72	28,23	19,35
$H \cdot P_{\text{zc}}, \text{кН}\cdot\text{м}$	79,04	79,04	169,94	169,94	196,94
$G_c, \text{кН}$	13,24	8,91	11,96	9,69	19,48

Таблица 20 – Параметры манипулятора относительно шарнира О

Параметры	Положения манипулятора				
	I	I'	II	II'	III
$L_3, \text{м}$	2,1	3,15	2,1	2,15	0
$M_1, \text{кН}\cdot\text{м}$	5,15	7,72	5,15	7,72	0
$L_{\text{рук}}, \text{м}$	0,82	1,34	0,91	1,34	0
$M_2, \text{кН}\cdot\text{м}$	0,48	0,74	0,54	0,79	0
$\sum_{i=1}^6 M_i, \text{кН}\cdot\text{м}$	5,63	8,46	5,69	8,51	0
$h_1, \text{м}$	0,24	0,24	0,17	0,17	-
$h_2, \text{м}$	0,32	0,32	0,15	0,15	-
$h_3, \text{м}$	0,37	0,34	0,2	0,2	-
$P_{\text{сп}} \frac{h_1 \cdot h_3}{h_2}, \text{кН}\cdot\text{м}$	67,54	62,07	55,17	55,17	-
$G_p, \text{кН}$	18,33	10,19	14,46	8,75	-

## 3.2 Расчет нагрузок манипулятора

### 3.2.1 Расчет реальных усилий гидроцилиндра рукояти и гидроцилиндра стрелы

Сравнивая последние строки таблиц 19 и 20, выбираются для каждого положения манипулятора наименьшие значения силы тяжести груза, определяются грузоподъемность манипулятора.

Усилие в гидроцилиндре рукояти определяется по формуле:

$$T = \frac{(\sum_{i=1}^2 M_i + G \cdot L_3') \cdot h_2}{h_1 \cdot h_3}, \quad (46)$$

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

сил тяжести элементов манипулятора;

$G$  – грузоподъемность манипулятора в данном положении.

Усилие в гидроцилиндре стрелы определяется по формуле:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^6 M_i + G \cdot L_3}{H}, \quad (47)$$

где  $\sum_{i=1}^6 M_i$  – сумма изгибающих моментов относительно шарнира В от

сил тяжести элементов манипулятора.

Исходные данные и результаты вычислений сведены в таблицу 21.

Таблица 21 – Реальные усилия в гидроцилиндрах манипулятора

Параметры	Положения манипулятора				
	I	I'	II	II'	III
1	2	3	4	5	6
$G$ , 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

Продолжение таблицы 21

1	2	3	4	5	6
$\sum_{i=1}^2 M_i, \text{кН}\cdot\text{м}$	5,63	8,46	5,69	8,51	0
$h_1, \text{м}$	0,24	0,24	0,17	0,17	-
$h_2, \text{м}$	0,32	0,32	0,15	0,15	-
$h_3, \text{м}$	0,37	0,34	0,2	0,2	-
$T, \text{кН}$	184,33	219,16	204,12	243,48	-
$G \cdot L_3, \text{кН}\cdot\text{м}$	37,2	34,39	72,47	63,44	78,89
$\sum_{i=1}^6 M_i, \text{кН}\cdot\text{м}$	8,47	11,3	25,72	28,23	19,35
$H, \text{м}$	0,2	0,2	0,43	0,43	0,43
$Q, \text{кН}$	395,08	395,24	395,08	368,8	395,26

### 3.2.2 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 20.

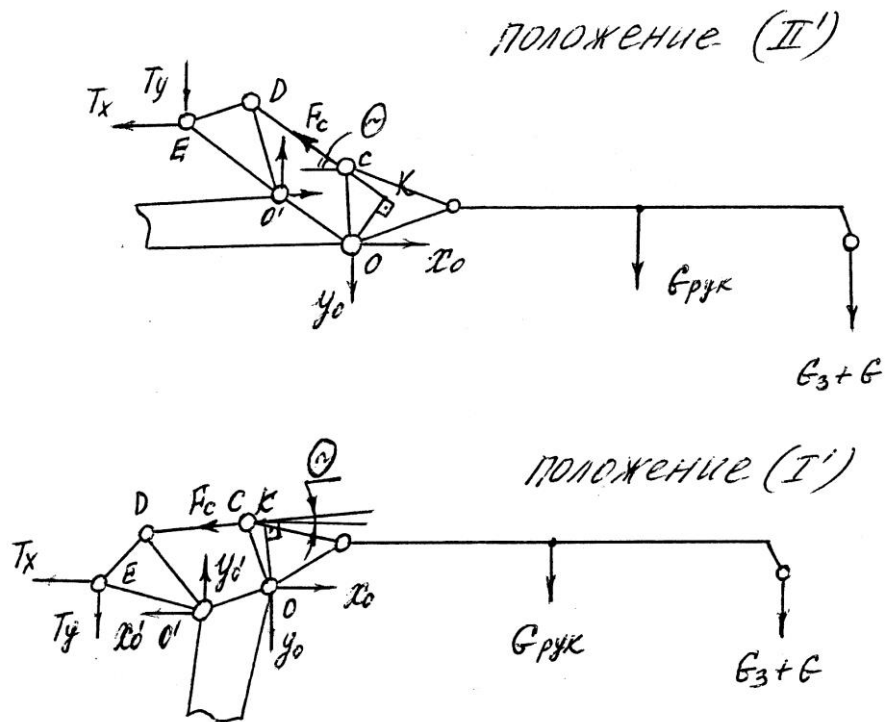


Рисунок 20 – Расчетная схема механизма складывания рукояти

Их масштабной расчетной схемы механизма складывания рукояти определяется:

1) угол между линией действия усилия  $F_c$  в шатуне СД ( $\Theta$ ) и горизонталью;

2) угол  $\gamma$  между линией действия усилия  $T$  гидроцилиндра рукояти и вертикалью;

3) плечо ОК – расстояние от шарнира О до линии действия усилия  $F_c$  в шатуне.

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:

$$F_c = \frac{G_{рук} \cdot L'_{рук} + (G_3 + G) \cdot L'_3}{OK} (1 + \eta_{об}), \quad (48)$$

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

Тогда  $\eta_{об} = 0,9^2 = 0,81$ .

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

$$X_o = F_c \cdot \cos \Theta, \quad (49)$$

$$Y_o = F_c \cdot \sin \Theta \pm [G_p + (G_3 + G)], \quad (50)$$

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  $O'$ .

$$X'_O = F_c \cos \Theta - T \sin \gamma, \quad (51)$$

$$Y'_O = \pm F_c \sin \Theta + T \cos \gamma, \quad (52)$$

Тогда  $R'_O = \sqrt{X'_O + Y'_O}$ .

Исходные данные и результаты расчетов сведены в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет усилий в механизме складывания рукояти

Расчетные параметры	Положение манипулятора	
	Г	П'
Сила тяжести рукояти, $G_{рук}$ , кН	0,59	0,59
Сила тяжести захвата, $G_3$ , кН	2,45	2,45
Сила тяжести груза, $G$ , кН	8,91	8,75
Плечо $L'_{рук}$ , м	1,34	1,34
Плечо $L'_3$ , м	3,15	3,15
Плечо $OK$ , м	0,21	0,17
Угол $\Theta$ , град.	18	22
Угол $\gamma$ , град.	2	87
КПД шарниров О и С	0,81	0,81
Усилие $T$ , кН	219,16	243,48
Усилие $F_c$ , кН	315,24	384,05
Реакция $X_O$ , кН	299,81	356,09
Реакция $Y_O$ , кН	109,37	132,08
Реакция $R_O$ , кН	319,14	379,80
Реакция $X'_O$ , кН	292,16	112,94
Реакция $Y'_O$ , кН	121,61	156,61
Реакция $R'_O$ , кН	316,46	193,09

### 3.2.3 Расчет реакций в шарнире В и в шарнирах гидроцилиндра стрелы

Расчетная схема для определения указанных реакций приведена на рисунке 21 для положения П'.

Расчет производится для положения П', как наиболее нагруженного.

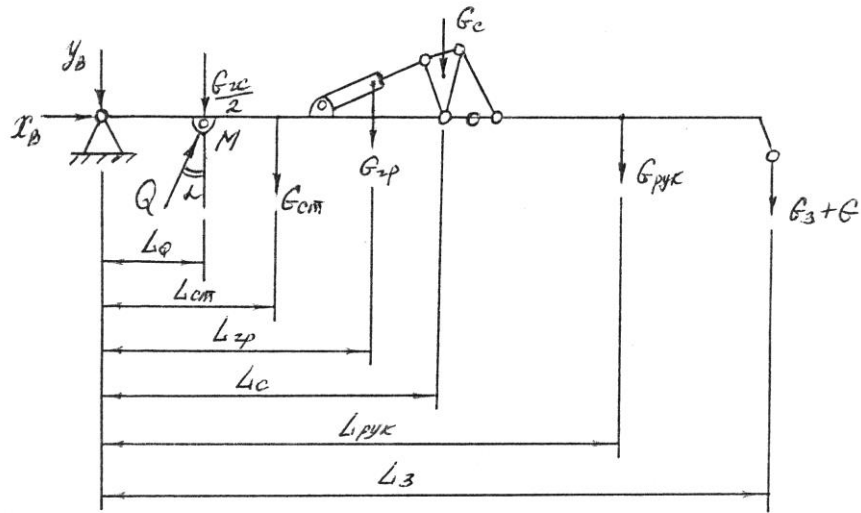


Рисунок 21 – Расчетная схема

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

$$Q_x = Q \sin \alpha, \quad (53)$$

$$Q_y = Q \cos \alpha, \quad (54)$$

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

$\alpha$  – угол между линией действия усилия  $Q$  и осью  $Y$  (вертикалью).

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

$$Y_B = Q_y - \frac{G_{rc}}{2} - G_{cm} - G_{zp} - G_{рук} - (G_3 + G) = Q_y - \sum_{i=1}^6 G_i. \quad (55)$$

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

$$X_B = Q_x \cdot \quad (56)$$

Тогда реакция в шарнире В определяется по формуле:

$$R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} \cdot \quad (57)$$

Исходные данные и результаты расчетов представлены в таблице 23.

Таблица 23 – 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 22.

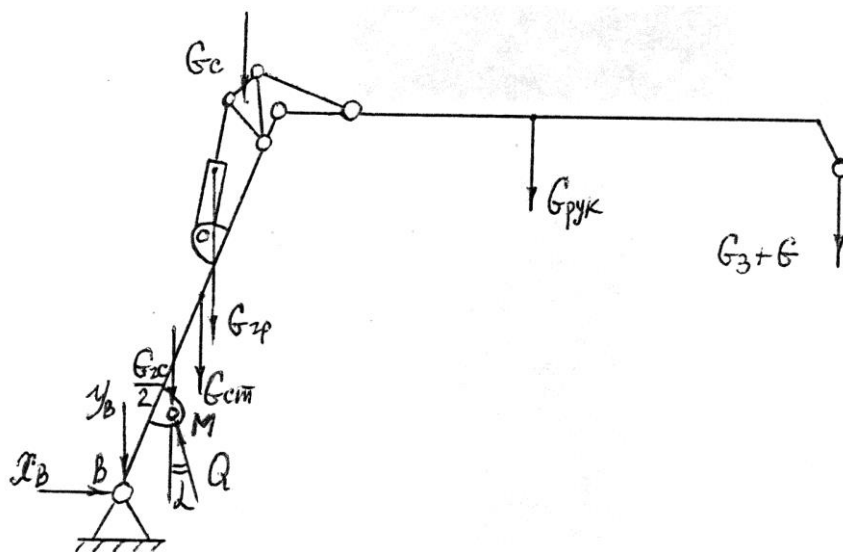


Рисунок 22 – Расчетная схема

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

$$Q_x = Q \sin \alpha, \quad (58)$$

$$Q_y = Q \cos \alpha. \quad (59)$$

Вертикальная и горизонтальная составляющие реакции в шарнире В определяются по формулам при расчете тех же реакций для положения II'. Результаты расчетов представлены в таблице 24.

Таблица 24 – 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

### 3.3 Расчет шарнирных узлов

#### 3.3.1 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 23.

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

$$S = 2L_2h + 2L_1h - 4h^2. \quad (60)$$

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



$$I_x = \frac{L_2 L_1^3 - (L_2 2\delta)(L - 2\delta)^3}{12}. \quad (61)$$

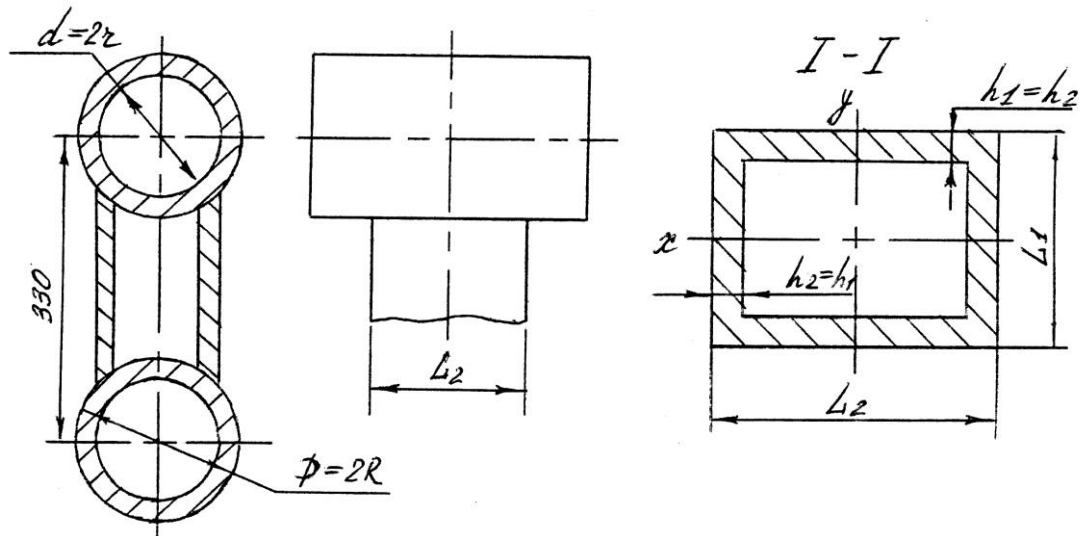


Рисунок 23 – Геометрические параметры шатуна

Исходные геометрические данные и результаты расчетов сведены в таблицу 25.

Таблица 25 – Геометрические параметры шатуна

Параметр	$L_1$ , м	$L_2$ , м	$h_1$ , м	$R$ , м	$r$ , м	$S$ , м <sup>2</sup>	$I_x$ , м <sup>4</sup>
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:

$$k_o = \sqrt{1 + \frac{m_{np} \cdot V^2 \cdot L^3}{3E \cdot I_x \cdot Y_0^2}}. \quad (62)$$

где  $m_{np}$  – масса манипулятора и груза, приведенная к конце 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.

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

$$m_{np} = m_{zp} + \sum_1^n m_i \cdot \frac{L_i}{L}. \quad (63)$$

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.

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:

$$V_{op} = 1,3V_{np}, \quad (64)$$

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

$$V_{np} = \frac{V_n \cdot L_p \cdot \varphi_p}{57,3 \cdot S_{\psi}}, \quad (65)$$

где  $L_p = 3,17$  м – длина рукояти;

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

$S_{\psi} = 0,83$  м – ход поршня гидроцилиндра рукояти;

$V_n$  – скорость движения поршня гидроцилиндра рукояти, м/с.

Скорость движения поршня определяется по формуле:

$$V_n = \frac{4\eta_n \cdot Q_n}{\pi d_n^2}, \quad (66)$$

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.

Величина прогиба металлоконструкции в статике определяется по формуле:

$$Y_0 = \frac{m_{np} \cdot g \cdot L^3}{3E \cdot I_x}. \quad (67)$$

Результаты расчета скоростей и коэффициента динамичности представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет коэффициента динамичности сечения шатуна в положении II'

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

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

$$\sigma_p = \frac{F_c}{S} k_d. \quad (68)$$

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

Напряжение разрыва в сварных швах определяется по формуле:

$$\sigma_p' = \frac{F_c}{S \cdot l}. \quad (69)$$

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

$l$  – длина сварного шва, м.

Длина сварного шва для данной детали определяется по зависимости:

$$l = 2 \frac{(\arccos \frac{L_1}{2R}) \pi R}{180} + 2L_2. \quad (70)$$

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

$$\sigma_p = \sigma_p' k_d. \quad (71)$$

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

$$[\sigma_p]' = \frac{R \cdot m}{k_h}, \quad (72)$$

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.

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

$$\gamma = c / (b - ar), \quad (73)$$

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

$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$  – характеристика цикла.

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

$$\sigma_{\min} = \frac{F_{c \min}}{S \cdot l} k_{\sigma}, \quad (74)$$

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

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 27.

Таблица 27 – 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  $\sigma_p < [\sigma_p]$ .

### 3.3.2 Расчет на прочность пальцев шарниров

В манипуляторе 13 шарнирных узлов. Их расположение и обозначение указано на рисунке 24.

Пальцы в манипуляторе рассчитываются на срез. Расчетная схема изображена на рисунке 25.

Вид поперечного сечения пальцев показан на рисунке 26.

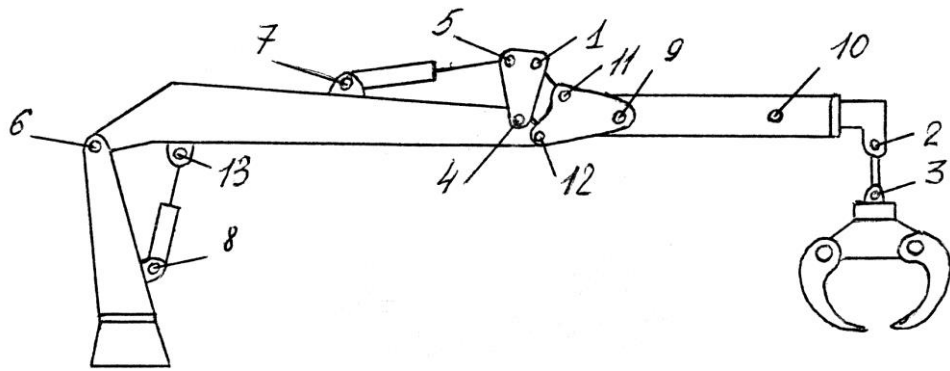


Рисунок 24 – Схема расположения шарниров

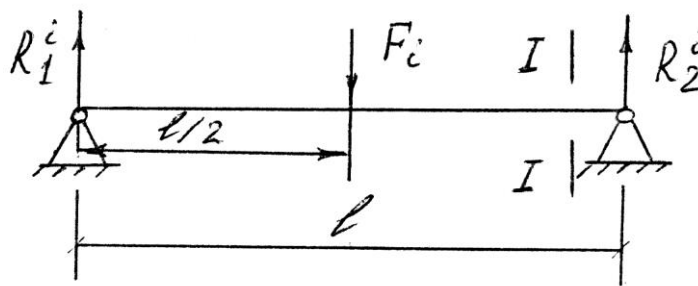


Рисунок 25 – Расчетная схема для расчета пальцев

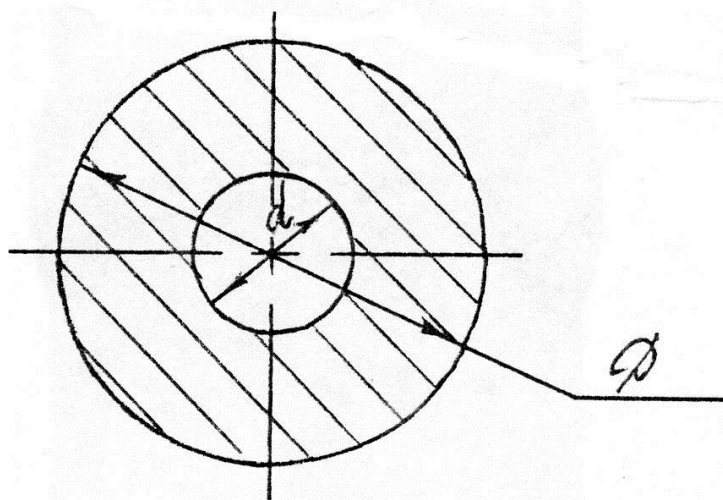


Рисунок 26 – Поперечное сечение пальцев

Площадь сечения пальцев определяется по формуле:

$$S = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}, \quad (75)$$

где  $D$  – наружный диаметр пальца, м;

$d$  – внутренний диаметр пальца, м.

Напряжение среза определяется по формуле:

$$\tau_{cp} = \frac{R_1^i}{S_i} = \frac{0,5F_i \cdot 10^{-3}}{S_i}, \quad (76)$$

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

$S_i$  – площадь сечения  $i$ -го шарнира, м<sup>2</sup>.

Исходные данные и результаты расчетов представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет пальцев на срез

Обозначение шарнира	Исходные данные			Расчетные параметры	
	$D$ , м	$d$ , м	$F_i$ , кН	$S_i$ , м <sup>2</sup>	$\tau_{cp}$ , 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 27.

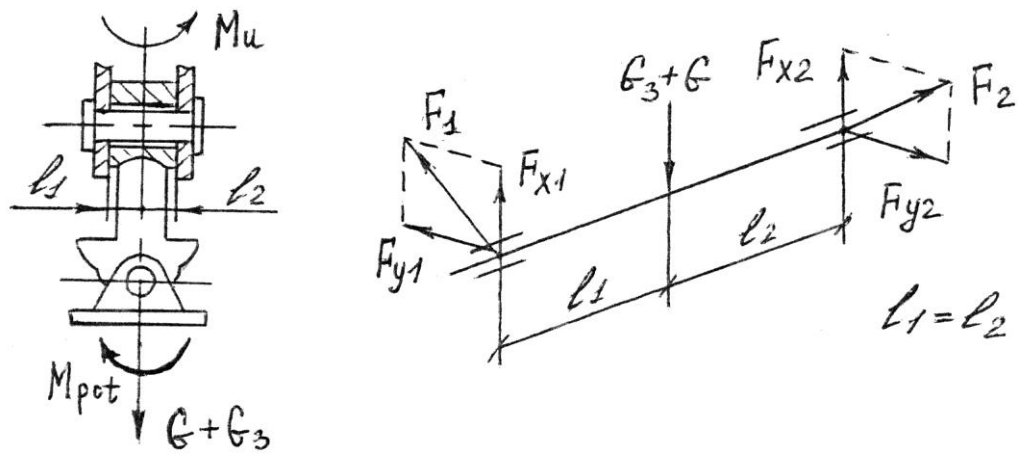


Рисунок 27 – Схема сил в шарнирах 2-2 и 3-3

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

$$F_i = \sqrt{F_{xi}^2 + F_{yi}^2}, \quad (77)$$

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

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

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

$$F_{xi} = 0,5(G_3 + G), \quad (78)$$

где  $G$  – грузоподъемность манипулятора в данном положении, кН.

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

$$M_{pot} \cdot \delta\varphi - M_u \cdot \delta\varphi = 0. \quad (79)$$

Отсюда следует формула



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

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

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

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

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

$$F_{yi} = \frac{M_{pot}}{l_i}, \quad (80)$$

где  $M_{pot} = 1,19$  кН·м;  $l_i = 0,042$  м.

Расчетная схема для определения усилий в шарнирах 9-9 и 10-10 представлена на рисунке 28.

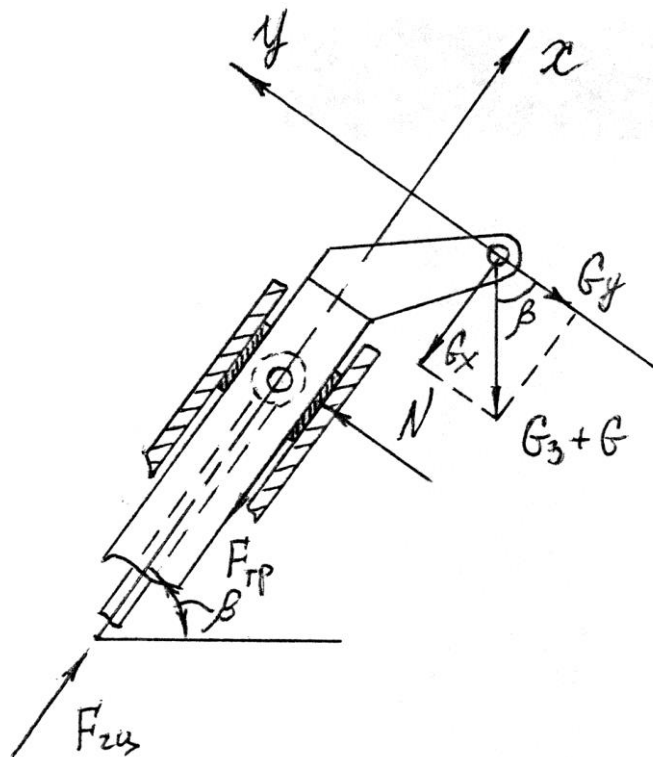


Рисунок 28 – Схема сил в шарнирах 9-9 и 10-10

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

$$F_{rc} = (G_3 + G) \cos \beta \cdot f + (G_3 + G) \sin \beta, \quad (81)$$

где  $\beta$  – угол подъема рукояти;

$f$  – коэффициент трения. Для пары трения сталь-фторопласт

$$f = 0,05.$$

Выводы по разделу «Проектирование и расчет манипулятора».

В разделе выполнено проектирование и расчет манипулятора:

- расчет проектных параметров манипулятора;
- расчет реальных усилий гидроцилиндра рукояти и гидроцилиндра стрелы;
- расчет усилий в механизме складывания рукояти;
- расчет реакций в шарнире В и в шарнирах гидроцилиндра стрелы;
- расчет шарнирных узлов.

## 4 Безопасность и экологичность универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ

### 4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ

Паспорт безопасности предназначен для обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств а также их использования в бытовых целях.

Паспорт безопасности должен содержать изложенную в доступной и краткой форме достоверную информацию, достаточную для принятия потребителем необходимых мер по обеспечению защиты здоровья людей и их безопасности на рабочем месте, охране окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла вещества, в том числе утилизацию.

В таблице 29 представлен паспорт безопасности на универсальный автомобиль технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ.

Таблица 29 – Паспорт безопасности на универсальный автомобиль технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ

Технологический процесс	Наименование и содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс, согласно Приказа Росстандарта от 12.12.2014 N 2020-ст	Оборудование и приспособления	Перечень веществ и материалов, используемых при выполнении технологического процесса
1	2	3	4	5
Ремонт грузового автомобиля в полевых условиях при помощи автомобиля технической помощи с гидроманипулятором	1 Установка автомобиля техпомощи. 2 Проверка исправности подъемного оборудования. 3 Съем неисправного агрегата при помощи	2 слесаря по ремонту автомобилей 4 разряда	Универсальный автомобиль технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ, гайковерт, головки, набор ключей, стропы	Перчатки, защитные очки

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
	гидроманипулятора 4 Установка исправного агрегата при помощи гидроманипулятора			

#### 4.2 Определение профессиональных рисков

Определение профессиональных рисков подразумевает под собой процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов и установления их временных, количественных и других характеристик, в целях выработки пакета предупреждающих мероприятий для обеспечения безопасности труда.

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при использовании универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ представлена в таблице 30.

Таблица 30 – Идентификация профессиональных рисков

Наименование выполняемых работ	Наименование О и ВПФ согласно ГОСТ 12.0.003-2015	Источник происхождения О и ВПФ
1	2	3
1 Установка автомобиля техпомощи.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля и его деталей и агрегатов	Поверхности автомобиля, детали и агрегаты
2 Проверка исправности подъемного оборудования.		
3 Съем неисправного агрегата при помощи гидроманипулятора	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования Повышенный уровень шума Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой Напряжение зрительных анализаторов	Универсальный автомобиль технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ, гайковерт.
4 Установка исправного агрегата при помощи гидроманипулятора		

### 4.3 Способы снижения профессиональных рисков

Работодатель обязан ежегодно обеспечивать реализацию мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда и оценки профессиональных рисков, и направлять на эти цели, согласно ст. 226 Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

Типовой перечень мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков (далее – Перечень) утвержден Приказом Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 № 181н (в ред. от 16.06.2014).

Основные мероприятия, включаемые в Перечень:

- а) Проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ). СОУТ позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить вредные и (или) опасные производственные факторы 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 работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда.
- 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) Организация обучения и проверки знаний по охране труда работников.
- г) Проведение обязательных медицинских осмотров и психиатрических освидетельствований.
- д) Устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов.
- е) Приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами.
- ж) 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.
- з) Обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ.
- и) 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.

- к) Обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов.
- л) 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.
- м) Организация и проведение производственного контроля.
- н) Издание (тиражирование) инструкций по охране труда.

Сводная информация по способам снижения профессиональных рисков представлена в таблице 31.

Таблица 31 – Способы снижения профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
1	2	3
Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем техническом состоянии,	Спецодежда в зависимости от условий труда (респиратор, защитные перчатки)
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля и его деталей и агрегатов	– выполнять на регулярной основе планово-предупредительное обслуживание; – эксплуатация инструмента, приспособлений в соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования, знаки безопасности по ГОСТ, дистанционное управление оборудованием	Спецодежда в зависимости от условий труда (респиратор, защитные перчатки)

Продолжение таблицы 31

1	2	3
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	Использование СИЗ защиты органов слуха (наушников, беруш)
Физические перегрузки. Напряжение зрительных анализаторов	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры согласно ст. 212 ТК РФ – рационализация режимов труда и отдыха в соответствии с действующим законодательством РФ; – устройство комнат психологической разгрузки; – занятия различными видами физической культуры, санаторно-курортное оздоровление, физиотерапевтические медицинские мероприятия	–

#### 4.4 Пожарная безопасность универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ

Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Требования пожарной безопасности – специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом.



Каждый работник обязан:

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

Сводная информация по мероприятиям, направленным на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе ремонта грузового автомобиля в полевых условиях представлена в таблице 32.

Таблица 32 – Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе ремонта грузового автомобиля в полевых условиях

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
1	2
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, средств пожаротушения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия
Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности

#### **4.5 Экологическая безопасность универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ**

Сводная информация по идентификации экологических факторов технологического процесса ремонта грузового автомобиля в полевых условиях представлена в таблице 33.

Таблица 33 – Идентификация экологических факторов технологического процесса ремонта грузового автомобиля в полевых условиях

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
1	2	3	4
Универсальный автомобиль технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ	Мелкодисперсная пыль, выхлопные газы	Масло, охлаждающая, тормозная жидкости	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (ТБО, ТКО, коммунальный мусор), металлический лом

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса ремонта грузового автомобиля в полевых условиях представлена в таблице 34.

Таблица 34 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса ремонта грузового автомобиля в полевых условиях

Мероприятий, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса ремонта грузового автомобиля в полевых условиях на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
1	2	3
Использование противодымных фильтров, катализатора, сажевого фильтра	Соблюдение мер по предотвращению загрязнения почв. Контроль за утилизацией и захоронением выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды	Изнюшенная спецодежда используется как вторсырье при производстве ветоши. Вывоз отходов осуществляется на основании заключенного договора с региональным оператором по вывозу мусора

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ».

В разделе «Безопасность и экологичность универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ»:

- составлен паспорт безопасности на универсальный автомобиль технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ (таблица 29);
- определены профессиональные риски при использовании универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ (таблица 30) и способы их снижения (таблица 31);
- рассмотрены мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе ремонта грузового автомобиля в полевых условиях (таблица 32, 33);
- рассмотрены мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса ремонта грузового автомобиля в полевых условиях (таблица 34).

## Заключение

В целях выполнения поставленной цели работы ВКР была выполнена разработка универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ.

Разработанная конструкция универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ безопасна в работе, удобна в управлении. Компактное решение механизма поворота, включая выдвижную систему стрелы, гидравлический привод подъема, повышают маневренность манипулятора и значительно экономит время на установочные, монтажные и демонтажные, и погрузочные работы.

Сочетание свойств погрузочного и транспортного механизмов делают данный манипулятор универсальным, позволяют значительно снизить затраты горюче-смазочных материалов, эксплуатационные расходы, потребность в водителях транспортных средств, достичь высокой механизации и производительности труда погрузочно-разгрузочных работ.

Такой гидроманипулятор выгодно отличается от существующих соответствующего класса, громоздких, сложных и неудобных в управлении и тем более от комплектов машин «кран-автомобиль» эксплуатационные затраты которых практически вдвое превышают затраты предлагаемой техпомощи с гидроманипулятором.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- проведен анализ существующих конструкций манипуляторов на базе грузового автомобиля;
- проведена конструкторская разработка универсального автомобиля технической помощи на базе шасси автомобиля КамАЗ;
- выполнено проектирование и расчет манипулятора;
- рассмотрена безопасность и экологичность стенда для диагностики генераторов и стартеров автомобилей.

## Список используемой литературы и используемых источников

1 Гидравлические и пневматические приводы промышленных роботов и автоматических манипуляторов / [Г. В. Крейнин, И. Л. Кривц, Е. Я. Винницкий, В. И. Ивлев] ; под ред. Г. В. Крейнина. - Москва : Машиностроение, 1993. - 299 с.

2 Жавнер, В. Л. Погрузочные манипуляторы / В.Л. Жавнер, Э.И. Крамской ; Под ред. проф. А.И. Колчина. - Ленинград : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1975. - 159 с.

3 Технологичность конструкций изделий : справочник / Т. К. Алферова [и др.] ; под ред. Ю. Д. Амирова. - Москва : Машиностроение, 1985. - 367 с.

4 Васильев, В. И. Основы проектирования технологического оборудования автотранспортных предприятий : Учеб. пособие [для самостоят. работы по спец. "Автомобили и автомоб. хоз-во" / В. И. Васильев; Курган. машиностроит. ин-т. - Курган : Изд-во Курган. машиностроит. ин-та, 1992. - 87 с.

5 Кирсанов, Е. А. Основы расчета, разработки конструкций и эксплуатации технологического оборудования для автотранспортных предприятий : учеб. пособие / Кирсанов Е.А., Новиков С.А. - М. : [б. и.], 19 - В надзаг.: Моск. гос. автомоб.-дор. ин-т (Техн. ун-т). Ч. 1. - 1993. - 80 с.

6 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1 / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. - 8-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2001. - 920 с.

7 Манипуляторы / [А.П. Белов, Д.А. Кульда, М.М. Логунов и др.]. - Москва : Атомиздат, 1978. - 135 с.

8 Грибков, В. М. Справочник по оборудованию для технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей / В. М. Грибков, П. А. Карпекин. - Москва : Россельхозиздат, 1984. - 223 с.

9 Детали машин : учеб. для вузов / Л. А. Андриенко [и др.] ; под ред. О. А. Ряховского. - 2-е изд., перераб. ; Гриф МО. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. - 519 с.

10 Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. - 11-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Академия, 2008. - 496 с.

11 Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация [Текст] : материалы международной научно-практической конференции / Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский филиал Научно-исследовательского центра "МашиноСтроение" [и др.] ; главный редактор Жуков Иван Алексеевич]. - Санкт-Петербург : СПбФ НИЦ МС, 2018-. - 21 см. № 2. - 2019. - 157 с.

12 Суфтин, С. Г. Основы создания и развития автомобильных кранов-манипуляторов / С. Г. Суфтин. - Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического ун-та, 2008. - 303 с.

13 Бурков, А. А. Проектирование оборудования и систем из него : учеб. пособие / А. А. Бурков, Е. Б. Щелкунов, И. П. Конченкова. - Комсомольск-на-Амуре : КНАГТУ, 2006 (Комсомольск-на-Амуре). - 92 с.

14 Кузнецов, А. С. Малое предприятие автосервиса : организация, оснащение, эксплуатация / А. С. Кузнецов, Н. В. Белов. - Москва : Машиностроение, 1995. - 303 с.

15 Куклин, Н. Г. Детали машин : учеб. для техникумов / Н. Г. Куклин, Г. С. Куклина, В. К. Житков. - 5-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Илекса, 1999. - 391 с.

16 Теория механизмов и машин : респ. междувед. научно-тех. сб. Вып. 36 / [редкол.: С. Н. Кожевников (отв. ред.) и др.]. - Харьков : Вища шк., 1984. - 129 с.

17 Бортяков, Д. Е. Основы проектной деятельности системы автоматизированного проектирования машин и оборудования : учеб. пособие

/ Д. Е. Бортяков, С. В. Мещеряков, Н. А. Солодилова ; С.-Петербур. политехн. ун-т Петра Великого. - СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. - 150 с.

18 Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта". Учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.



