

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Политехнический институт  
Факультет механико-технологический  
Кафедра машиностроение, автоматика и электроэнергетика

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ К.М. Виноградов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Автоматизация участка общей сборки и испытаний трамвайного вагона  
мод. ряда 71-631

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты  
Безопасность жизнедеятельности,  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ В.Г. Некрутов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Руководитель работы,  
преподаватель

\_\_\_\_\_ Ю.В. Константинов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы  
студент группы ДО-506

\_\_\_\_\_ А.А. Пигалов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер,  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ В.Г. Некрутов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ	
1.1 Сравнение подъёмных устройств .....	10
1.1.1 Сравнение подъемного механизма MCL-75 фирмEMANUEL.....	10
1.1.2 Подъемник консольный электромеханический с пультом управления фирмы CARBONZAPP ML85M .....	12
1.1.3 Подъемник механический с пультом управления фирмы PEMCL-700 .....	13
1.2 Сравнение электрической лебедки.....	15
1.2.1 Электрическая лебёдка CWG 3400 фирмы BRANO.....	15
1.2.2 Лебедка электрическая маневренная двухбарабанная ТЛ-8б Фирмы Промкомплект.....	16
1.2.3 Стационарная электролебедка CWG-10077 .....	17
1.3 Сравнение датчиков.....	18
1.3.1 Тензометрический датчик для весового устройства TSG-5000....	18
1.3.2 Тензометрический датчик измерения веса и нагрузки фирмы Сибтензоприбор.....	19
1.3.3 Универсальный тензометрический датчик фирмы ICARD.....	20
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
2.1 Общее описание участка.....	22
2.2 Технологическая планировка цеха.....	22
2.3 Устройство трамвайного вагона модели 71-631.....	27
2.4 Технические характеристики и назначение трамвайного вагона 71-634.....	29
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	
3.1 Разработка алгоритма работы оборудования.....	34
3.1.1 Разработка алгоритма работы подъемного механизма.....	37
3.1.2 Разработка алгоритма работы механических тормозов на удержание.....	41
3.1.3 Разработка алгоритма весового устройства.....	43
3.2 Подбор технических средств.....	45
3.2.1 Выбор промышленного контроллера.....	45
3.2.2 Программирование контроллера.....	47
3.3 Выбор и расчет подъемного механизма.....	49
3.3.1 Выбор подъемного механизма.....	49
3.3.2 Расчет подъемного механизма.....	57
3.3.3 Расчет винта.....	60
3.3.4 Расчет гайки.....	63
3.4 Выбор и расчет привода электрической лебедки.....	67

3.4.1	Выбор электрической лебедки.....	67
3.4.2	Расчет привода электрической лебедки.....	70
3.5	Выбор концевого выключателя.....	79
3.6	Выбор динамометра.....	84
3.7	Выбор устройства для взвешивания трамвайного вагона модели 71-631.....	86
3.7.1	Принцип работы тензометрического датчика.....	89
3.8	Выбор кран-балки.....	91
4	<b>БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>	
4.1	Обеспечение безопасных условий труда на участке сборки трамвайного вагона модели 71-631.....	95
4.2	Расчет общего освещения.....	99
4.3	Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте.....	102
5	<b>ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ</b>	
5.1	Расчет срока окупаемости проекта.....	107
5.2	Экономический эффект.....	110
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	113
	<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>	114

										Лист.
Изм.	Лист	докум	Подпись	Дата	15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ					



## Аннотация

Пигалов А.А. Автоматизация участка общей сборки и испытаний трамвайных вагонов мод. ряда 71-631. – Усть-Катав: Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве; 110 л. 20 илл. Библиографический список – 19 наим. 8 листов чертежей ф. А1.

В данном дипломном проекте рассмотрена автоматизация участка общей сборки и испытаний трамвайного вагона модельного ряда 71-631. Произведено сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий, и решений, так же выполнено сравнение подъёмного механизма, электрической лебёдки и датчиков с аналогами.

В проекте приведено общее описание участка и технологическая планировка цеха. Рассмотрено техническое описание и устройство трамвайного вагона модельного ряда 71-631. Приведены технические характеристики и назначение трамвайного вагона данной модели.

В проектной части разработан алгоритм работы оборудования, так же произведен подбор технических средств. Выбор и расчет подъёмного механизма. Выбор и расчет привода электрической лебёдки. Выбор концевого выключателя. Выбор динамометра.

Выбор устройства для взвешивания трамвайного вагона. Выбор кран – балки.

Выполнен расчёт затрат на проектирование и реализацию автоматизации участка сборки трамвайных вагонов модельного ряда 71-631.

Разработаны требования безопасности при проведении работ.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Пигалов А.А			Автоматизация участка общей сборки и испытаний трамвайных вагонов мод. ряда 71-631	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Константинов Ю.В.					4	
Реценз.						Филиал ФГБОУ ГОУ ВПО «ЮУрГУ» в г.Усть-Катаве		
Н. контр.		Некругов В.Г.						
Утв.		Виноградов						

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие современной вычислительной техники, электроники и радиотехники позволяет создавать сложные системы, предназначенные для выполнения различных научных, производственных, технологических задач. Использование таких систем призвано улучшить качество, эффективность тех или иных производственных целей.

Особенностью проекта является разработка на основе действующих аналогичных цехов по сборки трамвайных вагонов. На участке сборки и испытаний трамвайных вагонов модельного ряда 71-631 используется современное оборудование, которое отвечает нормативной документации.

Внедрение в производство автоматизированных систем заметно облегчает работу человека и экономит время, которое затрачивается на данный вид выполняемых работ.

В связи с увеличением потребности рынка в трамвайных вагонах с повышенной вместимостью и низким уровнем пола ранее не выполняемых на УКВЗ, существует практическая и теоретическая потребности в разработке комплекса автоматизации участка сборки повышающих эффективность и работоспособность. В этих условиях развитие теории и совершенствование методов и способов их реализации, разработка нового и модернизация применяемого оборудования и технологий его использования, нацеленные на создание научных основ автоматизации.

Оснащение участка сборки современным оборудованием позволит выполнять сборочные работы более качественно, быстрее и безопаснее для рабочего персонала кроме того с наименьшими затратами.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

## 1.1 Сравнение подъёмных устройств

В настоящее время существует большое количество нужного нам оборудования, некоторые из которых нашли свое применение и в России. Наиболее популярные из них приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Распространенное оборудование в России

Модель	Фирма-изготовитель	Страна
MCL – 75	EMANUEL	Италия
ML – 85M	CARBONZAPP	Германия
PEMCL – 700	SEIN	Китай

При таком многообразии оборудования на российском рынке естественно возникает вопрос о выборе. Выбор оборудования представляет собой достаточно трудную задачу, аналогичную поиску оптимального решения в условиях многокритериальности. Ниже приводится примерный перечень критериев оборудования, которые в первую очередь должны интересовать пользователя. В нем можно выделить две группы показателей:

- технические характеристики;
- стоимостные характеристики.

### 1.1.1 Подъёмник электромеханический с центральной станцией MCL-75 фирмы EMANUEL

Электромеханический подъёмник из подкатных колонн предназначен для подъёма промышленных автотранспортных средств с двумя осями, тремя осями и четырьмя осями имеющих массу ниже суммы грузоподъёмностей отдельных

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

колонн с предварительной проверкой нагрузки на каждую колонну, которая не должна превышать максимальную допустимую грузоподъемность для данной колонны (рисунок 1.1,1.2).

Основные параметры и технологические характеристики MCL-75:

- грузоподъемность 7500 кг;
- номинальная мощность 50Гц 2.2кВт;
- скорость подъема и спуска 560 мм/мин;
- ход подъема 1.750 мм;
- вес каждой колонны 185 кг;
- опорная поверхность 410 м<sup>2</sup>;
- единичная нагрузка на почву 1.080 даН/см<sup>2</sup>;
- тип пола: бетон R<sub>ск</sub>=30Н/мм<sup>2</sup> с допустимой нагрузкой 8.44 даН/см<sup>2</sup>.



Рисунок 1.1 – Подъемник электромеханический MCL-75

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

В состав стандартного оборудования также входит центральная станция управления, которая установлена на консольном пульте.



Рисунок 1.2 – Центральная станция управления

Данное оборудование предназначено для работы в условиях морского климата, холодного климата рабочая температура оборудования от -25 до +40 градусов по Цельсию с нормальной и повышенной влажностью. Стоимость данного вида оборудования составляет 176 тыс руб.

#### 1.1.2 Подъёмник консольный электромеханический с пультом управления фирмы CARBONZAPP ML - 85M

Основные параметры и технологические характеристики ML-85M:

- грузоподъёмность 8500 кг;
- номинальная мощность 50Гц 3кВт;
- скорость подъёма и спуска 560 мм/мин;

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



- номинальная мощность 50Гц 5кВт;
- скорость подъёма и спуска 250 - 560 мм/мин;
- ход подъёма 1.30 м;
- вес каждой колонны 210 кг;
- опорная поверхность 640 м<sup>2</sup>;
- единичная нагрузка на почву 1.380 даН/см<sup>2</sup>;
- тип пола: бетон R<sub>ск</sub>=30Н/мм<sup>2</sup> с допустимой нагрузкой 12.36 даН/см<sup>2</sup>.



Рисунок 1.4 - Подъёмник механический с пультом управления

Данное оборудование предназначено для работы в нормальных климатических условиях, холодного и жаркого климата рабочая температура оборудования от - 20 до +40 градусов по Цельсию с нормальной и повышенной влажностью. Стоимость данного вида оборудования составляет 126 тыс руб. Исходя из нормативных требований для участка сборки трамвайных вагонов модельного ряда 71-631 выбираем подъёмник электромеханический с центральной станцией управления MCL – 75 фирмы EMANUEL.

## 1.2 Сравнение электрической лебёдки

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

### 1.2.1 Электрическая лебёдка CWG-34000 фирмы Brano

Электролебедка CWG-34000 (рисунок 1.5) предназначена для подтягивания или буксировки, для подъема и опускания груза в помещениях или под навесом при температуре окружающей среды от -20 до 40 градусов С. Отличительной чертой электролебедок являются их надежность в эксплуатации и простота в обслуживании. Каждая лебедка имеет электромагнитный тормоз либо отдельным блоком, либо встроенным в электродвигатель.

Таблица 2 - Распространенное оборудование в России

Модель	Фирма-изготовитель	Страна
CWG - 34000	BRANO	Чехия
ТЛ - 8Б	Промкомплект	Россия
CWG - 10077	BroFord	Германия



Рисунок 1.5 - Электрическая лебёдка CWG-34000

Описание оборудования: низкий уровень шумов; специальная, качественная порошковая окраска; металл имеет гальваническое покрытие; планетарный редуктор; электромагнитный тормоз; надежный водонепроницаемый пульт (IP65) с кнопкой остановки; двигатель оборудован центробежным выключателем, что повышает пусковой момент; грузоподъемность 350 кг;

скорость 8,5м/мин; электродвигатель 2,2 кВт; максимальная высота подъема 97 м; диаметр и длина каната 10 мм, 60 м; вес лебедки с тросом 860 кг; напряжение 380 В; размеры 4,32 м; цена данного оборудования составляет 205 тыс руб.

### 1.2.2 Лебёдка электрическая маневровая двухбарабанная ТЛ-8Б фирмы Промкомплект

Лебёдка электрическая маневровая двухбарабанная ТЛ-8Б (рисунок 1.6) предназначена для передвижения железнодорожных вагонов на погрузочно-разгрузочных участках прирельсовых складов. Заменяет маневровый тепловоз. Рассчитана на 450 тонн, или 4 груженых вагона, или 4 механические секции. Предназначена для тяги в горизонтальном направлении, для производства подъемно-транспортных операций при строительных, монтажных и других работах. Лебедка не предназначена для подъема людей.

Условия эксплуатации электрической лебедки:

- окружающая среда - невзрывоопасная;
- температура окружающей среды от плюс 40 до минус 40 С°;
- рабочее положение - крепление на горизонтальной площадке;
- режим работы – легкий;
- рабочее напряжение 380В, частота тока 50Гц.



Рисунок 1.6 - Электрическая лебёдка ТЛ-8Б

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Технические характеристики электрической маневровой лебедки ТЛ-8Б:

- тяговое усилие в канате, кН (тс) 50 (5.0);
- расчётная скорость навивки каната (гл./вс.), м/с 0,03/0,4;
- редуктор (гл./вс.) Ц2У-315Н/Ц2У-160, передаточное число 25,0/31,5;
- масса грузов в перемещаемых вагонах 315 т;
- расчётная канатоемкость барабана (гл./вс.), м 220/230;
- диаметр каната (гл./вс.), мм 22,5/6,9мм (ГОСТ 2688-80);
- электродвигатель 4АМС100S4; 3,2 кВт; 380 В, 1390 об/мин;
- габаритные размеры, не более мм 1666x1625x875;
- масса без каната, не более 1200кг.

Цена данного оборудования составляет 75 тыс руб.

### 1.2.3 Стационарная электролебедка CWG-10077

Стационарная электролебедка CWG-10077 (рисунок 1.7) предназначена для подтягивания или буксировки, для подъема и опускания груза в помещениях или под навесом при температуре окружающей среды от -20 до 40 градусов С. Отличительной чертой электролебедок являются их надежность в эксплуатации и простота в обслуживании. Каждая лебедка имеет электромагнитный тормоз либо отдельным блоком, либо встроенным в электродвигатель.



Рисунок 1.7 - Стационарная электролебедка CWG-10077

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Описание оборудования: низкий уровень шумов; специальная, качественная порошковая окраска; металл имеет гальваническое покрытие; планетарный редуктор; электромагнитный тормоз; надежный водонепроницаемый пульт (IP65) с кнопкой экстренной остановки; двигатель оборудован центробежным выключателем, что повышает пусковой момент; компактность и мобильность.

Технические характеристики стационарной электрической лебёдки CWG-10077 Модель CWG-10077:

- грузоподъемность 300 кг;
- скорость 12 - 17м/мин;
- электродвигатель 1,5 кВт/220 В;
- макс. высота подъема 59 м;
- диаметр (мм) и длина (м) каната 6 - 60;
- вес лебедки с тросом 44кг;
- размеры барабана длина 150мм;
- размеры 156 мм;

Цена данного оборудования составляет 110 тыс руб.

Исходя из нормативной документации выбираем электрическую лебёдку ТЛ – 8Б фирмы Промкомплект.

### 1.3 Сравнение датчиков

#### 1.3.1 Тензометрический датчик для весового устройства TSG – 5000

Таблица 3 - Распространенное оборудование в России

Модель	Фирма-изготовитель	Страна
TSG - 5000	Zemic	Китай
TS - 10000	Icard	Корея
ГД – М65	Сибтензоприбор	Россия



(рисунок 1.9) обладает качеством высокой надежности – в конструкции датчика используются тензорезисторы, микропровод, клей и регулировочные резисторы лучших мировых производителей. Уровень взрывозащиты 0ExiallCT6 X . Рабочий диапазон температур от –30 до +50°С

Основные технологические характеристики:

- датчик силы тензометрический ТД-65;
- тип датчика: S-образный, нержавеющей сталь;
- наибольший предел измерений, 5000;
- погрешность измерений, %: 0.018;
- рабочий диапазон температур, °С: -30...+50;
- диапазон значения нуля, %: .0.9;
- номинальный выходной сигнал, мВ/В:  $2,0 \pm 0,1$ ;
- входное сопротивление, Ом:  $345 \pm 5$ ;
- выходное сопротивление, Ом:  $321 \pm 2$ ;
- рекомендованное питание, 5 В;
- максимальное питание, 18В.

Цена данного оборудования 16 тыс.руб.



Рисунок 1.9 - Тензометрический датчик ТД-65

### 1.3.3 Универсальный тензометрический датчик фирмы ICARD

Основные технологические характеристики универсального тензометрического

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

датчика фирмы ICARD (рисунок 1.10): датчик силы тензометрический TSG-10000; тип датчика: S-образный, нержавеющей сталь; наибольший предел измерений, кг: 10000; погрешность измерений, %: 0.015; рабочий диапазон температур, °C: -30...+70; диапазон значения нуля, %: 1.0; номинальный выходной сигнал, мВ/В:  $2,0 \pm 0,1$ ; входное сопротивление, Ом:  $385 \pm 5$ ; выходное сопротивление, Ом:  $351 \pm 2$ ; рекомендованное питание, 9В; максимальное питание, 18В; цена данного оборудования 12тыс. руб.



Рисунок 1.10 - Универсальный тензометрический датчик

#### Выводы по разделу один

В современное время ассортимент рынка оборудования очень разнообразен, имеется оборудование способное удовлетворить самые высокие требования заказчика. Однако цена такого оборудования также велика. К недостаткам на предлагаемом нам рынке оборудовании можно, отнести отсутствие систем контроля за используемым оборудованием, а также проведения профилактических ремонтов где в процессе выявляются неполадки. Поэтому нет другого выхода, как на основании имеющегося оборудования за счет модернизации получить требуемый продукт: надежный, недорогой, с простым пользовательским интерфейсом. Исходя из нормативной документации выбираем тензометрический датчик ТД – 65, фирмы Сибтензоприбор.

									15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						17

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАДЕЛ

### 2.1 Общее описание участка

На УКВЗ собираются и монтируются трамвайные вагоны модельного ряда 71-631- это принципиально новая модель данного вида трамвая, отвечающая современным требованиям и повышенной комфортности в салоне трамвайного вагона.

В цехе 68 выделен участок сборки для стыковки и сборки трех секционного трамвайного вагона модели 71-631. Все виды работ будут выполняться на оборудовании с программным и ручным управлением в целях облегчения труда на участке сборки используется Современная кран – балка для установки электрооборудования на крышу трамвайного вагона. Так же кран-балка используется для установки в закрытых помещениях и на открытых площадках. Использование электрической лебёдки для проведения проверки работы механических тормозов трамвайного вагона на участке с уклоном, а так же для дальнейшего монтажа и стыковки между секциями вагона, так как вагон является трех секционным. Использование современного подъёмного механизма для подъёма на нужную высоту трамвайного вагона модели 71-631 для монтажа подвагонного оборудования. Использование весового устройства для определения нагрузок на ось трамвайного вагона. Использование динамометра для определения момента при проведении проверки механических тормозов на удержание вагона. Использование концевого выключателя для контроля положения трамвайного вагона на участке.

### 2.2 Технологическая планировка цеха

Планировка цеха приведена в соответствии с рисунком 2.1

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18



подлежат: производственная программа (годовой пробег подвижного состава, годовое и суточное количество технических обслуживании и ремонтов, годовой объем работ по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава); количество рабочих постов по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава и мест его хранения; количество работающих на предприятиях; площади производственных, вспомогательных, складских и подсобных помещений.

На основе утвержденного технического задания, содержащего технико-экономическое обоснование необходимости и целесообразности предполагаемых работ и основных параметров проектируемого предприятия, разрабатывается техническая документация, содержащая чертежи, расчеты и пояснения к им как по строительно-архитектурной части, так и по технологическому разделу проекта. Чем тщательнее подготовлена проектно-сметная документация, чем выше качество и полнее объем выполненных работ, предусмотренных в проекте, тем больше условия деятельности эксплуатационного предприятия отвечают предъявляемым требованиям, тем устойчивее оно будет работать.

Высота производственных зданий от пола до нижних точек конструкций перекрытия ограничена высотой подвеса контактного провода, которую принимают не менее 5,2 м в ремонтных зонах и не менее 4,7 м в проемах ворот.

Размеры территории при хранении подвижного состава на открытой площадке устанавливают исходя из 250400 м<sup>2</sup> на один вагон для трамвайного депо и примерно 200 м<sup>2</sup> на одну инвентарную единицу для троллейбусного депо. При формировании генерального плана земельного участка трамвайного депо придерживаются нормы расстояний между осями смежных трамвайных путей 3,8 м, для пожарного проезда вдоль трамвайного пути расстояние должно быть не менее 8 м.

Кроме этого, производственные помещения по степени возгораемости зданий и сооружений делятся на пять групп в зависимости от огнестойкости отдельных частей конструкции. Степень огнестойкости зданийсооружений характеризуется

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

группой возгораемости (несгораемые, трудносгораемые и сгораемые) и пределом огнестойкости основных строительных конструкций, измеряемом в часах.

Огнестойкими считаются здания степени огнестойкости I и II, у которых все части выполнены из несгораемых материалов (кирпича, бетона) с пределом огнестойкости от 2 до 4 ч. Особенно опасными в противопожарном отношении являются здания степени огнестойкости IV и V, конструкции которых в основном сгораемые и частично трудносгораемые с пределом огнестойкости от 0,25 до 0,75 ч. В соответствии с противопожарными нормами предприятия ГЭТ относятся в целом по характеристике пожарной опасности к категории Д со степенью огнестойкости зданий IV.

Однако малярные цеха и участки, склады красок и масел, ацетиленовая газогенераторная и зарядная аккумуляторных батарей относятся к категории А; обойные, столярные и шиномонтажные участки к категории В; кузнечии-рессорные, сварочные участки и участки ремонта тяговых двигателей-к категории Г. Площади производственных участков устанавливаются в зависимости от числа работающих в наиболее загруженной смене по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава с соблюдением норматива занятости этой площади технологическим оборудованием. Площади помещений, где выполняются работы по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава, определяют исходя из числа рабочих постов, габаритных характеристик подвижного" состава,

технологически необходимого расстояния между обслуживаемым или ремонтируемым подвижным составом, проезда и проходов, которые устанавливают с учетом габаритов стационарного нового оборудования зон ремонта и технического обслуживания.

Ориентировочно для оценки необходимых производственных площадей можно руководствоваться данными и площадью, занимаемая оборудованием в рабочем положении на плоскости пола. И отношение площади помещения к площади проекции оборудования на плоскость пола. На основе произведенных расчетов устанавливается необходимая" площадь участка, учитывающая как

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

количество работающих на; участке, так и насыщенность участка технологическим оборудованием.

Площади складских помещений принимают по нормативам с учетом поправки на вместимость эксплуатационного предприятия, разнотипность подвижного состава, нормируемый запас сырья и материалов по продолжительности хранения. Расчет требуемых площадей для складских помещений можно вести, руководствуясь следующими данными: При расчетах вводят поправочный коэффициент, учитывающий местные условия эксплуатации; он может изменяться в пределах 2,24,6. Состав и число базовых помещений и административное здание устанавливают в зависимости от характера производственных процессов в отдельных цехах и количества работающих.

Технологическое оборудование и вспомогательные устройства располагают в производственных помещениях в соответствии с принятым технологическим процессом, обеспечивая удобство пользования им и его обслуживания, безопасность условий труда, наилучшее естественное освещение рабочих мест.

При этом учитывают также необходимость производства транспортных операций и выделяют места для складирования. Оборудование цехов и участков должно быть расположено так, чтобы входы и выходы как основные, так и запасные, а также транспортные проезды её были загружены и в процессе работ не требовались бы повторные встречные перемещения узлов, агрегатов и

материалов. Для хранения и складирования материалов, запасных частей, узлов и агрегатов предусматривают в производственных помещениях стеллажи, подставки, тумбочки и столики. Участки и цехи основного и вспомогательного производства размещают так, чтобы с меньшими транспортными издержками можно было удовлетворить потребность основного цеха предприятия в деталях, узлах и аппаратах (профилактория или кузовного цеха завода). Групповое расположение цехов и участков, их концентрация вокруг основного цеха предприятия способствуют производительному использованию рабочего времени; кроме того, при этом улучшаются условия труда и уменьшается протяженность

производственных и технических коммутационных связей предприятия.					Лист
15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22

### 2.3 Устройство трамвайного вагона модели 71-631

Кузов вагона - с цельносварным несущим каркасом, изготовлен из полых элементов - труб квадратного и прямоугольного сечения, а также специальных гнутых профилей, имеет два сочленения немецкой фирмы Hubner. Обшивка выполнена из стального листа. Обшивка кабин водителя выполнена из стеклопластика и изготовлена фирмой «Полидор».

Крайние секции вагона опираются на поворотные тележки, имеющие две ступени подвешивания. Центральное рессорное подвешивание состоит из шкворневой балки тележки и пружин, воспринимающих нагрузку от кузова вагона и гасящих низкочастотные колебания от верхнего строения пути. Тяговое усилие от шасси на шкворневую балку передается тяговыми поводками. Расположенные наклонно гидродемпферы гасят как вертикальные, так и поперечные колебания рамы тележки, благодаря чему улучшается плавность хода вагона. При максимальной нагрузке вагона величина прогиба обеих ступеней рессорного подвешивания и амплитуда поперечных колебаний ограничивается резиновыми буферами. Рама тележки устанавливается на колесные пары в зоне размещения первой ступени рессорного подвешивания.

Резинометаллические меги-амортизаторы улучшают вписываемость в кривых и гасят высокочастотные колебания (шум), идущие от путевого хозяйства. На вагоне применён двухступенчатый цилиндрический редуктор, жёстко закреплённый на раме тележки.

Салон трамвайного вагона 71-631 (средняя секция). Кузов вагона выполнен с переменным уровнем пола, переходы между уровнями выполнены в виде ступеней. Двухсторонняя конструкция предусматривает по 4 двери поворотного типа шириной 1400 мм с каждой стороны в низкопольной части вагона, а также по 2 шириной 800 мм в высокопольной части. Салон имеет 54 сидячих места, а также 180 стоячих мест при номинальной загрузке 5 чел/м<sup>2</sup>. Освещение

выполнено двумя световыми линиями с люминесцентными лампами.

15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ

Лист

22

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Принудительная вентиляция осуществляется через отверстия в боковых стенах, естественная - через форточки и открытые двери. Отопление производится при помощи электропечей, расположенных вдоль боковых стен, кроме этого у дверей установлены тепловые завесы.

Основная часть электрооборудования расположена на крыше вагона над низкопольной частью. На панели управления в кабине водителя установлены ЖК-дисплеи с отображением действительных параметров всех систем вагона. Для лучшего обзора крайних дверей вагона установлены камеры наружного наблюдения с мониторами в кабине водителя. Электрооборудование вагона обеспечивает возможность автономного хода вагона при опущенных токоприемниках.

Тормозное оборудование разработано и изготовлено фирмой «Парус». Тележки вагона имеют наружные дисковые тормоза. Дисковый тормоз предназначен для создания тормозных усилий за счет энергии пружинного аккумулятора. Растормаживание осуществляется электромеханическим мотор-редукторным приводом, торможение - снятием напряжения питания с привода, после чего пружина разжимает рычаги, которые в свою очередь передают усилие на тормозные колодки.

Тормозные диски вынесены из-под вагона для снижения температуры нагрева дисков и трудоемкости обслуживания и регулировки зазоров.

#### 2.4 Технические характеристики и назначение трамвайного вагона 71-631

Учитывая мировые тенденции и запросы ГУП "Мосгортранс", в 2005 году на УКВЗ разработан и изготовлен трамвайный вагон с частично пониженным полом. Трамваи с низким полом имеют ряд преимуществ перед эксплуатирующимися в настоящее время 4-осными вагонами. Вагон КТМ 71-631 представляет собой трёхсекционный вагон длиной 26.5 м и массой 33 тонны, рассчитанный на 54 сидящих и 180 стоящих пассажиров при плотности 5 чел/кв.м. Вагон оборудован

двумя полупантографами, управляемыми каждый из своей кабины.

15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ

Лист

23

В низкопольной части вагона установлено 4 двери. Проработан вопрос выпуска вагона в двух модификациях - для обычных и скоростных линиях, для чего разработаны 2 варианта неповоротных тележек (с силовым агрегатом и без него). Конструкция моторной поворотной тележки при диаметре колеса 620 мм обеспечивает высоту пола 750 мм.

В состав тележки входят:

- шасси;
- центральное рессорное подвешивание;
- тормозная система;
- тяговые поводки;
- гидродемпферы колебаний.

Центральное рессорное подвешивание состоит из шкворневой балки тележки и пружин, воспринимающих нагрузку от кузова вагона и гасящих низкочастотные колебания от верхнего строения пути. Тяговое усилие от шасси на шкворневую балку передается тяговыми поводками. Расположенные наклонно гидродемпферы гасят как вертикальные, так и поперечные колебания рамы тележки, благодаря чему улучшается плавность хода вагона.

При максимальной нагрузке вагона величина прогиба обеих ступеней рессорного подвешивания и амплитуда поперечных колебаний ограничивается резиновыми буферами.

Рама тележки устанавливается на колесные пары в зоне размещения первой ступени рессорного подвешивания. Резинометаллические меги-амортизаторы улучшают вписываемость в кривых и гасят высокочастотные колебания (шум), идущие от путевого хозяйства. Рама сварной конструкции обеспечивает жесткость основных параметров тележки и несет на себе все нагрузки: в стакан продольной балки устанавливается пружина второй ступени рессорного подвешивания, здесь же установлены кронштейны для поводков, передающих тяговое усилие, и кронштейны гидродемпферов. Поперечная балка рамы тележки связывает продольные балки между собой. Кроме того, на поперечной балке устанавливаются кронштейны для закрепления мотор-редукторного блока.

Передача крутящего момента от выходного вала редуктора на ось колесной пары					Лист
15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	24

осуществляется карданной муфтой, компенсирующей все перемещения рамы тележки относительно оси колесной пары, а также гасящей ударные нагрузки от проезда по стыкам и спецчастям. Это решение позволяет увеличить ресурс работы редуктора и вместе с тем упрощает сборку тележки и обслуживание ее в эксплуатации. Тормозной момент приложен к тихоходному валу редуктора, что также благоприятно для работы зацепления.

Ось колесной пары открытого типа устанавливается в необслуживаемых буксовых подшипниках кассетного типа, закрепленных в буксе. Здесь же установлены меги-амортизаторы, которые и исполняют роль первой ступени рессорного подвешивания. К буксовому узлу крепится кронштейн подвески рельсового тормоза, чем обеспечивается стабильный зазор между рельсом и башмаком независимо от уровня рамы тележки. Колеса новой конструкции с расположенными по окружности амортизаторами способствуют снижению шума от идущего вагона. На вагоне применён двухступенчатый цилиндрический редуктор, жёстко закреплённый на раме тележки.

Вертикальные перемещения рамы тележки относительно оси колесной пары, обусловленные изменением нагрузки, компенсируются значительным радиальным зазором между осью колесной пары и выходным валом редуктора. Высокие нагрузки на подшипники определяются режимом работы вагона: частые пуски и торможения, ударные нагрузки от проезда по стыкам и спецчастям - и обуславливают применение подшипников фирмы SKF.

Кроме того, эти подшипники позволяют уменьшить ширину редуктора, что также имеет большое значение в общей компоновке тележки. Уменьшению общей ширины редуктора служит и другое конструктивное решение: применение двигателя с фланцевым способом крепления к редуктору. Передача крутящего момента от двигателя к ведущему валу редуктора осуществляется за счет шлицевого соединения "вал двигателя - ведущая шестерня". Трамвайный вагон согласно действующим нормативам оборудуется тремя видами тормозов:

- электродинамический;

- механический колодочный;

15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ

Лист

25

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- магниторельсовый;

При торможении механическими тормозами усилие прикладывается к тормозному диску, соединенному непосредственно с колесом; при торможении рельсовым тормозом усилие передается на закреплённые на раме упоры, и далее через первую ступень рессорного подвешивания на колесную пару. Дисковый тормоз предназначен для создания тормозных усилий за счет энергии пружинного аккумулятора.

Растормаживание осуществляется электромеханическим мотор-редукторным приводом, торможение - снятием напряжения питания с привода, после чего пружина разжимает рычаги, которые в свою очередь передают усилие на тормозные колодки. Привод тормоза рассчитан на весь срок службы и не требует обслуживания. Тормозные диски вынесены из-под вагона для снижения температуры нагрева дисков и трудоемкости обслуживания и регулировки зазоров.

Рельсовый тормоз с катушками фирмы "Hanning&Kahl" позволяет уменьшить вес башмака рельсового тормоза, увеличив при этом эффективность торможения. Меньшие габариты катушки рельсового тормоза по сравнению с катушками российского производства также имеют немаловажное значение в предлагаемой тележке. В компоновке хорошо заметно влияние вагона БКМ 743, разработанного белорусскими конструкторами в 2001 году с учётом специфики тележек УКВЗ. Однако 71-631 имеет ощутимо меньшую тяговооружённость - 4.7 кВт/т против 6.2 кВт/т у белорусского вагона, что вызывает сомнения не только в динамике вагона, но и в достаточной эффективности реостатного торможения. Уровень пола в низкопольной части составляет 370 мм - это достаточно много для того, чтобы свободно заходить в вагон с уровня земли, поэтому хотелось бы увидеть в вагоне скаты пола с обеспечением в дверном проёме уровня пола 300-320 мм от УГР. Следует отметить, что вагон 71-631 приспособлен к системе оплаты со свободным входом во все двери - только в таком случае он покажет все описанные выше преимущества низкого пола. Если же на него поставить турникет - то скорость

сообщения не только не пов					сится, но даже снизится из-за заполнения таког	всм
					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

большого вагона через одну узкую дверь. Поэтому скоростной трамвай Москвы, для которого предназначен 71-631, должен остаться свободным от турникетов (рисунок 2.2,2.3).

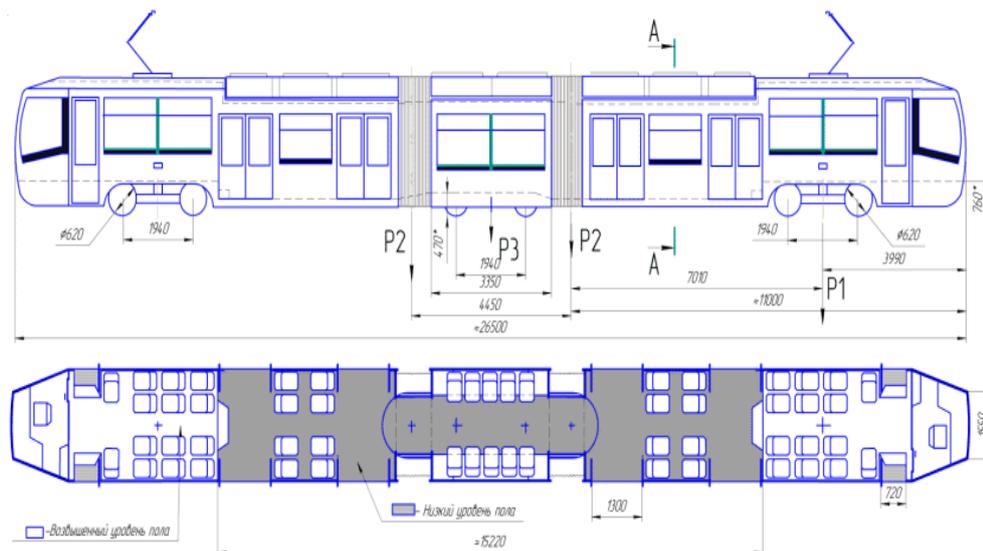


Рисунок 2.2 - Общий вид трамвайного вагона модели 71-631

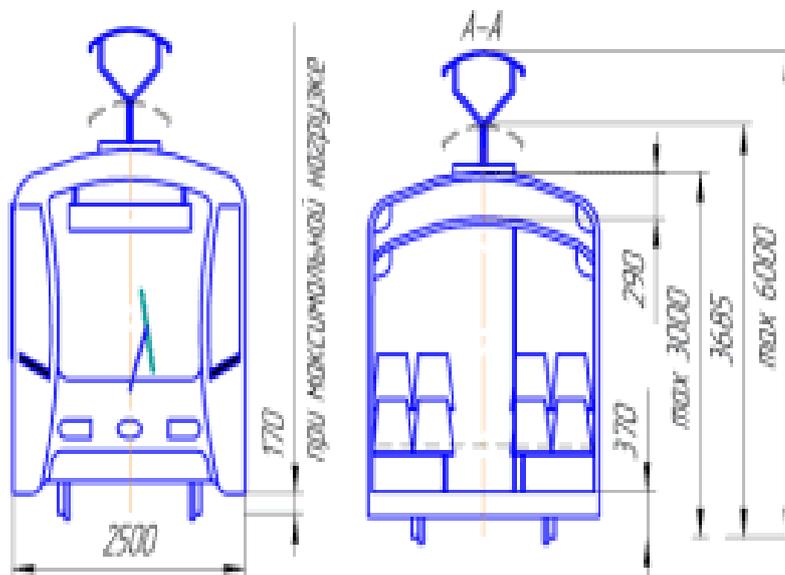


Рисунок 2.3 - Вид спереди и разрез трамвайного вагона модели 71-631

Технические характеристики:

- Габариты кузова, мм:

- Длина - 26500
- Ширина - 2500

		- Высота	- 3000			15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			27

- Высота со сложенным токоприёмником - 3685
- Дорожный просвет 90 мм;
- Масса пустого вагона 33 т;
- Масса вагона с полной загрузкой 55 т;
- Минимальный радиус поворота 18 м;
- Минимальный радиус в профиле 300 м;
- Пассажировместимость 250 человек;
- Пассажировместимость, чел (при плотности 5 чел/кв.м.) - 180;
- Число мест для сидения 54место;
- Тяговые электродвигатели - 4х65 кВт;
- Осевая формула Во-2-Во;
- Расчётный расход электроэнергии 85 Вт/ч.

## 3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### 3.1 Разработка алгоритма работы оборудования

Разработка алгоритма (а также его обоснование и, если это необходимо, модификация) существенно осложняется, если разработчик не придерживается с самого начала некоторой дисциплины, позволяющей на каждом этапе разработки четко выделить необходимые подцели и проследивать взаимосвязь между ними. Такой дисциплиной, получившей в последние годы широкое распространение, является метод пошаговой разработки.

Суть этого метода состоит в том, что алгоритм разрабатывается "по шагам" (как правило, "сверху вниз"), начиная с его спецификации, полученной в результате анализа задачи.

На каждом этапе принимается небольшое число решений, приводящих к постепенной детализации (уточнению) управляющей и информационной структуры алгоритма. Таким образом, получается последовательность все более детальных спецификаций алгоритма, приближающихся к окончательной версии программы.

Этот метод позволяет разбить алгоритм на части (модули), каждая из которых решает самостоятельную (как правило, небольшую) подзадачу. Это дает возможность сосредоточить усилия на решении подзадачи, реализуемой в виде отдельной процедуры или функции.

Связи по управлению между модулями осуществляются посредством соответствующих обращений к ним (вызовов), а передача информации от одного модуля к другому производится через параметры и глобальные переменные.

Наряду с использованием метода пошаговой разработки необходимо также иметь в виду следующие факторы, которые могут существенно повлиять на разрабатываемый алгоритм.

Средства, предоставляемые тем языком, на котором алгоритм будет запрограммирован.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Например, в языке Турбо Паскаль допускаются модули и средства объектно-ориентированного программирования, позволяющие естественным образом реализовывать абстрактные структуры данных, в то время как в стандарте языка Паскаль их нет. Таким образом, при использовании различных языков имеется возможность разрабатывать существенно различные алгоритмы.

Структура данных, на которые ориентирован алгоритм. Этот фактор оказывает исключительно большое влияние на эффективность разрабатываемого алгоритма.

Приближенность представления вещественных чисел в памяти ЭВМ. Это требует, чтобы при разработке алгоритма всюду, где производится сравнение вещественных значений, использовался некоторый задаваемый программистом уровень точности. Игнорирование специфики машинной арифметики является распространенной студенческой ошибкой при разработке алгоритма.

Например, проверку того, лежат ли три точки на одной прямой, студент программирует обычно следующим образом: в уравнение прямой, проходящей через две точки, он подставляет координаты третьей точки. Все точки лежат на одной прямой тогда и только тогда, когда в результате получается нуль. Однако, из-за неточности машинной арифметики при выполнении такой проверки на ЭВМ нуль почти никогда не будет получен, даже если теоретически названное свойство выполнено. Реально приходится считать свойство выполненным, когда полученный при подстановке результат по модулю меньше некоторого предусмотренного разработчиком малого числа, например.

Обоснование алгоритма.

Строгое математическое доказательство правильности работы алгоритма обычно очень трудная задача, главным образом из-за того, что трудно доказать правильность работы циклов и рекурсивных процедур. Вместе с тем демонстрация правильной работы алгоритмов на некотором наборе тестов еще не означает, что он всегда будет работать правильно. Следует помнить, что различных комбинаций входных данных бывает, как правило, бесконечно (или "практически" бесконечно) много.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Поэтому необходимо сопровождать алгоритм некоторым рассуждением, которое, даже не будучи строгим доказательством, в достаточно полной мере убеждает нас в правильности алгоритма. Конечно, оно не должно быть рассуждением в таком, например, стиле: "алгоритм перебирает все варианты, поэтому он правилен". Ведь тогда возникает вопрос, а как убедиться, что алгоритм действительно перебирает все варианты.

Пожалуй, наилучшим реальным подходом к обоснованию алгоритма является его правильность "по построению", когда используется метод пошаговой разработки. Чтобы получить правильный алгоритм, необходимо следить за правильностью детализации его шагов в ходе такого построения. Но это уже значительно более простая задача: как правило, детализация шага происходит в соответствии с определением того, что он должен делать.

При таком подходе построение алгоритма и его обоснование тесно переплетаются друг с другом. При этом следует, конечно, понимать, что если на этапе анализа задачи был выбран неверный подход к ее решению, то даже самая аккуратная последующая детализация исходной спецификации уже не позволит получить правильный алгоритм.

Обоснование алгоритма будет выглядеть еще более убедительно, если его дополнить индивидуальными доказательствами, позволяющими убедиться в правильной работе, хотя бы некоторых циклов. Используя метод пошаговой разработки, не следует забывать о таком мощном средстве доказательного программирования, как аннотирование программы утверждениями, размещенными в скобках комментариев. Аннотации описывают свойства вычислений в соответствующих точках программы.

Они помогают избежать ошибок при шагах детализации и в обосновании их правильности. Кроме того, аннотированная программа может выступать в качестве доказательства своей правильности. Вставка в программу "стопоров ошибок" (динамических проверок свойств, выраженных в аннотациях) упрощает процесс отладки и позволяет существенно повысить надежность разработанной программы.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Анализ алгоритма и его сложности.

Существует ряд важных практических причин, побуждающих нас заниматься анализом алгоритмов. Одной из них является потребность получения оценок или границ для объема памяти и времени работы, необходимых алгоритму для успешной обработки входных данных. Следует избегать разработки программы, которая за отведенное студенту машинное время не успеет обработать входные данные достаточно большого размера (например, следует признать неудовлетворительной программу обработки графов, если из-за нехватки времени она не дает ответа для графа, состоящего из десяти вершин). Лучше заранее (еще при разработке алгоритма) с помощью карандаша и бумаги оценить объем памяти и время, необходимые разрабатываемому алгоритму, а затем улучшать его (или разработать новый, более эффективный). Хороший анализ может выявить узкие места в ваших программах (например, те части программы, на выполнение которых расходуется большая часть времени), а также выбрать более подходящий алгоритм из широкого класса алгоритмов, решающих одно и то же задание.

### 3.1.1 Разработка алгоритма работы подъемного механизма

На участке общей сборки и испытаний планируется использование электромеханического подъемника из подкатных колонн с электронной синхронизацией. Колонны оборудуются гидравлическим домкратом подъема с ограниченным клапаном грузоподъемности.

Принцип работы гидравлического домкрата. Конструкция подкатного гидравлического домкрата немного другая. К металлическому корпусу обычно прикрепляются четыре колеса. В отверстия металлического корпуса прикрепляется подъемный механизм и гидроцилиндр, который, выдвигаясь в горизонтальном положении, поднимает подъемную площадку вверх. Домкрат, постепенно поднимая трамвайный вагон, закатывается под него.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Устройство и принцип работы гидравлического домкрата очень прост, насос с помощью работы рычага перекачивает рабочую жидкость через клапан в цилиндр.

Рабочей жидкостью обычно служит масло, которое выдавливает цилиндр.

Для того чтобы домкрат опустить обратно, необходимо на насосе открыть клапан и масло из цилиндра обратно перетечет в насос.

Пользоваться гидравлическим домкратом тоже очень просто, для этого необходимо его расположить на ровной поверхности под автомобилем, закрыть клапан и начать нажимать на рычаг.

После того, как автомобиль поднимется на необходимую высоту от земли, можно прекращать работать рычагом.

Для того чтобы опустить обратно автомобиль после замены колеса, необходимо плавно открыть клапан против часовой стрелки, после чего гидравлический домкрат вернется в исходное положение и клапан можно будет закрыть обратно, повернув его уже по часовой стрелке.

Гидравлическому домкрату, как и любому инструменту, необходимо периодическое обслуживание, иногда требуется доливать гидравлическую жидкость в рабочий цилиндр, так как она может вытекать в процессе эксплуатации через сальники и уплотнения.

При выборе гидравлического домкрата необходимо учитывать на какую высоту он может поднимать груз, и какой массы.

Также необходимо учитывать минимальную высоту подхвата домкрата, иначе, если она будет слишком большой, его будет нельзя задвинуть под днище автомобиля.

К недостаткам гидравлических домкратов можно отнести, сравнительно медленную скорость подъема и небольшую высоту, на которую они могут поднять груз.

Собственный вес такого домкрата тоже достаточно велик, поэтому его не очень удобно всегда возить с собой в багажнике.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Из принципа работы и устройства подъёмного механизма составляем алгоритм работы подъёмного механизма (рисунок 3.1).

Описание алгоритма:

- 1 перед началом работы нужно проверить включено ли оборудование (проверка подачи напряжения) определяется визуально помощью индикатора на панели;
- 2 включение блока управления (загорается рабочее табло с исходными данными) и выбором команд;
- 3 выбирается режим работы управляющего устройства (вводится необходимая команда) и устанавливается рабочее число количества колонн;
- 4 дана команда, все колонны включены;
- 5 отработка команды положения «Подъём»;
- 6 отработка команды положения «Опускание»;
- 7 если произошла ошибка команды производится «Корректировка»;
- 8 после корректировки данных происходит перепроверка и начало работы;
- 9 анализ выполненных операций;
- 10 завершение работы.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

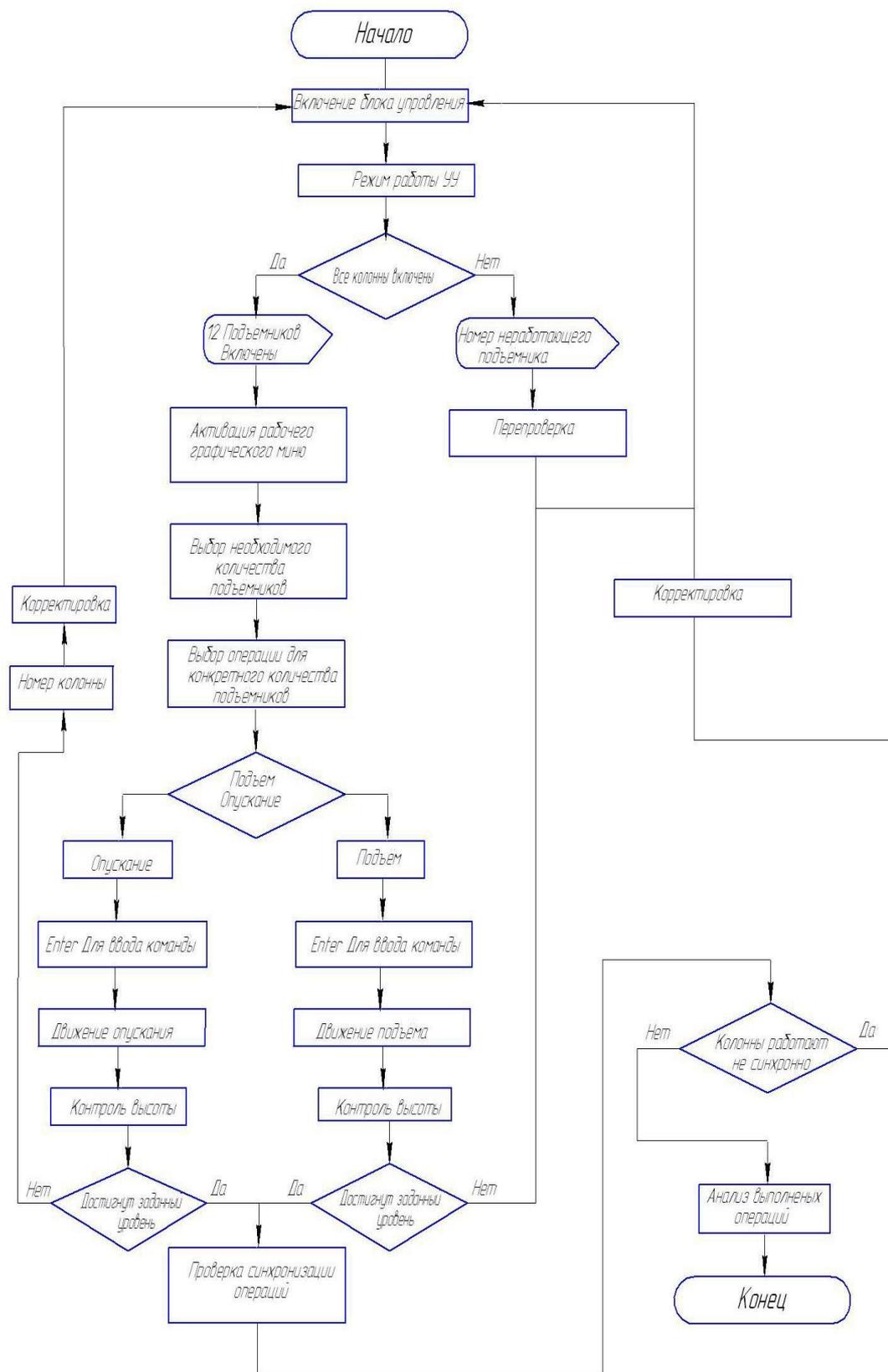


Рисунок 3.1 - Алгоритм работы подъемного механизма

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ

### 3.1.2 Разработка алгоритма проверки механических тормозов на удержание

Рабочая тормозная система служит для регулирования скорости движения транспортного средства, его остановки и удержание на стоянии с уклоном в аварийной ситуации (рисунок 3.2). Рабочая тормозная система приводится в действие нажатием на педаль тормоза, которая располагается в ногах у водителя (исключение - автомобили для обучения принципам вождения, дополнительная группа педалей располагается в ногах у инструктора, а также нередко - модели, предназначенные для использования инвалидами, или переоборудованные для них). Усилие ноги водителя передаётся на тормозные механизмы всех четырёх колёс. Проверка механических тормозов делается для того что бы проверить тормозную систему трамвайного вагона на соответствие требованиям нормативной документации.

Описание алгоритма:

- 1 для того чтобы проверить механический тормоз трамвайного вагона нужно собрать схему испытания с электрической лебёдкой и динамометром;
- 2 растормозить трамвайный вагон для приведения в действие тормозной системы;
- 3 определить усилие необходимое для начала движения вагона с помощью электрической лебёдки и динамометра;
- 4 вернуть вагон в исходное положение (исходное положение – это когда на трамвайный вагон находится в состоянии покоя и на него ни действуют посторонние силы);
- 5 затормозить вагон механическими тормозами;
- 6 определить усилие необходимое для начала движения заторможенного вагона с помощью и динамометра;
- 7 произвести перерасчет усилия тормозных механизмов на участке без уклона;
- 8 произвести перерасчет на участке с уклоном 0.09;

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

- 9 система удовлетворяет требованиям;
- 10 контроль параметров с помощью динамометра;
- 11 завершение работы.

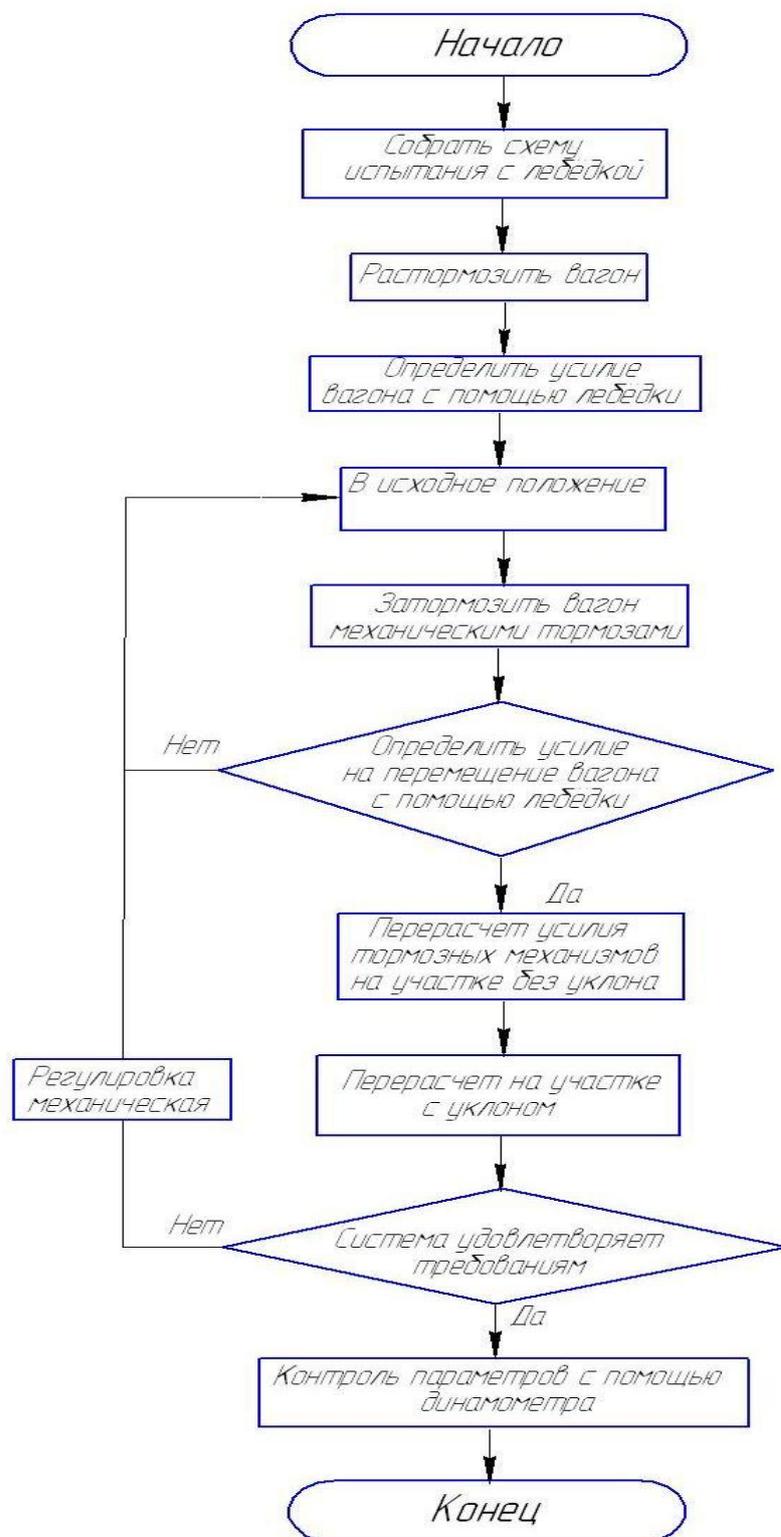


Рисунок 3.2 Алгоритм проверки механических тормозов на удержание

### 3.1.3 Разработка алгоритма весового устройства.

Весовое устройство нужно для определения нагрузок на ось трамвайной тележки при его взвешивании (рисунок 3.3).

Описание алгоритма:

- 1 для проведения работ производится проверка механизма визуально:
  - а) расположение трамвайного вагона строго фиксированное;
  - б) контроль на отсутствие посторонних предметов;
  - в) осмотр самого весоизмерительного механизма;
- 2 соблюдение инструкции по взвешиванию крупногабаритных грузов;
- 3 установка рабочего диапазона на оборудовании;
- 4 определение весовых характеристик устройства;
- 5 выбор рабочего диапазона;
- 6 установка измеряемого объекта на весовое устройство;
- 7 корректировка весового устройства;
- 8 выполнение операции;
- 9 определение нагрузки на одну ось вагона выполняется несколько раз для определения среднего значения (не менее трёх раз) в зависимости от конструкции трамвайного вагона;
- 10 расчет характеристик;
- 11 проверка нагрузки вагона на соответствие:
  - а) если данная характеристика не удовлетворяет требованиям ТУ на вагон, то производится обработка полученных результатов (доработка вагона);
  - б) затем установка причины повторное измерение;
- 12 если проверка нагрузки вагона удовлетворяет требованиям;
- 13 завершение работы.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

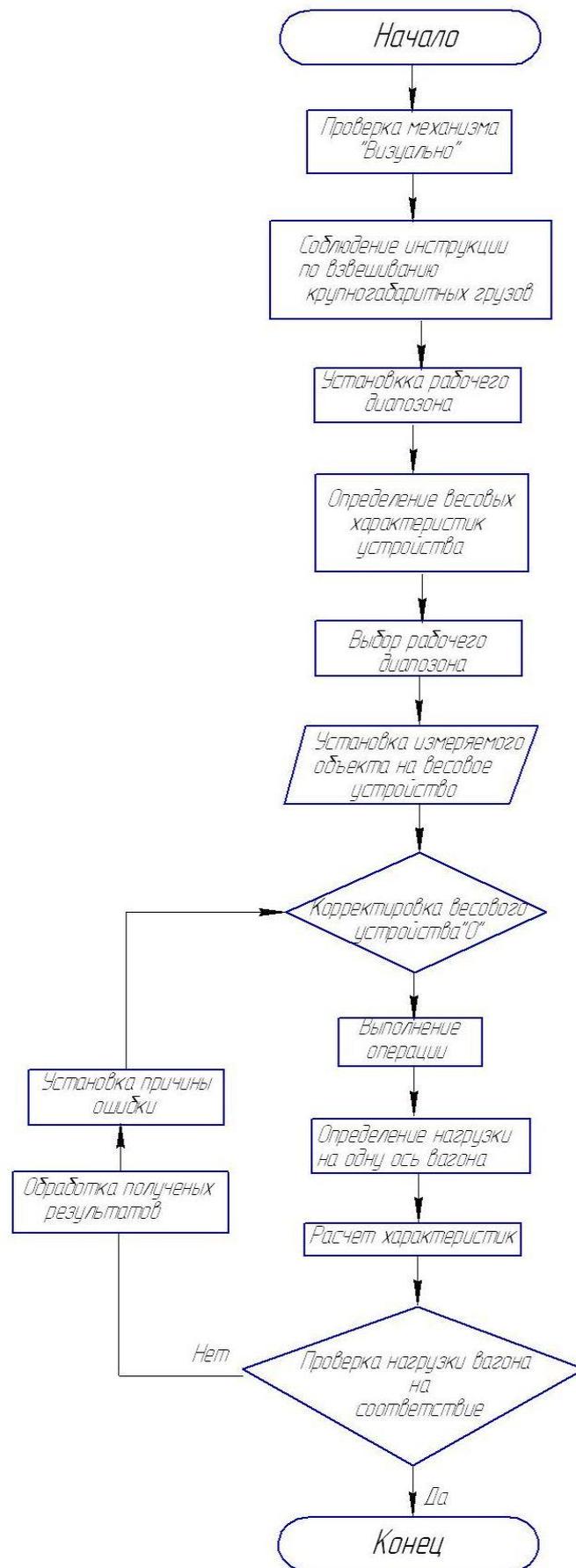


Рисунок 3.3 Алгоритм взвешивания трамвайного вагона

## 3.2 Подбор технических средств

Подбор данных средств осуществляется исходя из выбора оборудования, которое будет использоваться на данном участке.

Выбор технических средств автоматизации дает возможность точнее подобрать их по соответствующим параметрам. Это повысит эксплуатационную надежность, увеличит срок службы и обеспечит бесперебойность в работе.

Также нужно подобрать систему управления данного оборудования для этого нужно выбрать управляющий контроллер и на основе выбранного типа контроллера разработать систему управления оборудованием на участке.

### 3.2.1 Выбор промышленного контроллера.

Промышленный контроллер - управляющее устройство (контроллер от англ. control - управлять), применяемое в промышленности и других отраслях по условию применения и задачам, близким к промышленным (например, на транспорте). Применяется для автоматизации технологических процессов, в быту - для управления климатом и др. Выбираем контроллер фирмы Овен ПЛК – 100, так как он удовлетворяет данным требованиям (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 - Промышленный контроллер ПЛК-100

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 100 предназначен для создания систем управления малыми и средними объектами.

Построение системы управления и диспетчеризации на базе ОВЕН ПЛК возможно как с помощью проводных средств – используя встроенные интерфейсы Ethernet, RS-232, RS-485, так и с помощью беспроводных средств – используя радио, GSM, ADSL модемы.

Конструктивные особенности ОВЕН ПЛК 100:

- контроллер выполнен в компактном DIN-реечном корпусе;
- расширение количества точек ввода\вывода осуществляется путем подключения внешних модулей ввода\вывода по любому из встроенных интерфейсов;
- два варианта питания 220В и 24В постоянного.

Вычислительные ресурсы ОВЕН ПЛК 100. В контроллере изначально заложены мощные вычислительные ресурсы при отсутствии операционной системы:

- высокопроизводительный процессор RISC архитектуры ARM9, с частотой 180МГц компании Atmel;
- большой объем оперативной памяти – 8МБ;
- большой объем постоянной памяти – Flash память, 4МБ;
- объем энергонезависимой памяти, для хранения значений переменных – до 16КБ.

Конкурентные преимущества ОВЕН ПЛК 100:

- 1 отсутствие ОС, что повышает надежность работы контроллеров;
- 2 скорость работы дискретных входов – до 10КГц при использовании подмодулей счетчика;
- 3 большое количество интерфейсов на борту: Ethernet, 3 последовательных порта, USB Device для программирования контроллера, работающих независимо друг от друга.
- 4 расширенный температурный диапазон работы: от минус 20 до плюс 70 градусов Цельсия.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

- 5 широкие возможности самодиагностики контроллера.
- 6 встроенный аккумулятор, позволяющий «пережить» пропадание питания – выполнять программу при пропадании питания, и переводить выходные элементы в «безопасное состояние».
- 7 встроенные часы реального времени.
- 8 возможность создавать и сохранять архивы на Flash контроллера;
- 9 возможность работы по любому нестандартному протоколу по любому из портов, что позволяет подключать устройства с нестандартным протоколом (электро-, газо-, водосчетчики, считыватели штрих - кодов и т.д.);
- 10 набор готовых программных модулей, предоставляемых бесплатно.

### 3.2.2 Программирование контроллеров

Создание программ для контроллеров ОВЕН ПЛК100, и их конфигурирование осуществляется профессиональной системой программирования CoDeSys v.2.3.6.1 и старше.

Система программирования CoDeSys для покупателей контроллеров ОВЕН совершенно

Сервисное программное обеспечение ОВЕН ПЛК100.

Программа обновления прошивки (внутреннее ПО) контроллера ОВЕН ПЛК100 и таргет файлы можно скачать в разделе " ПО контроллеров ОВЕН ПЛК 100".

На основе выбранного нами управляющего контроллера можно разработать систему управления оборудования, которая в будущем будет внедрена на участок сборки трамвайного вагона модели 71-631(рисунок 3.5).

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

## Структурная схема системы управления

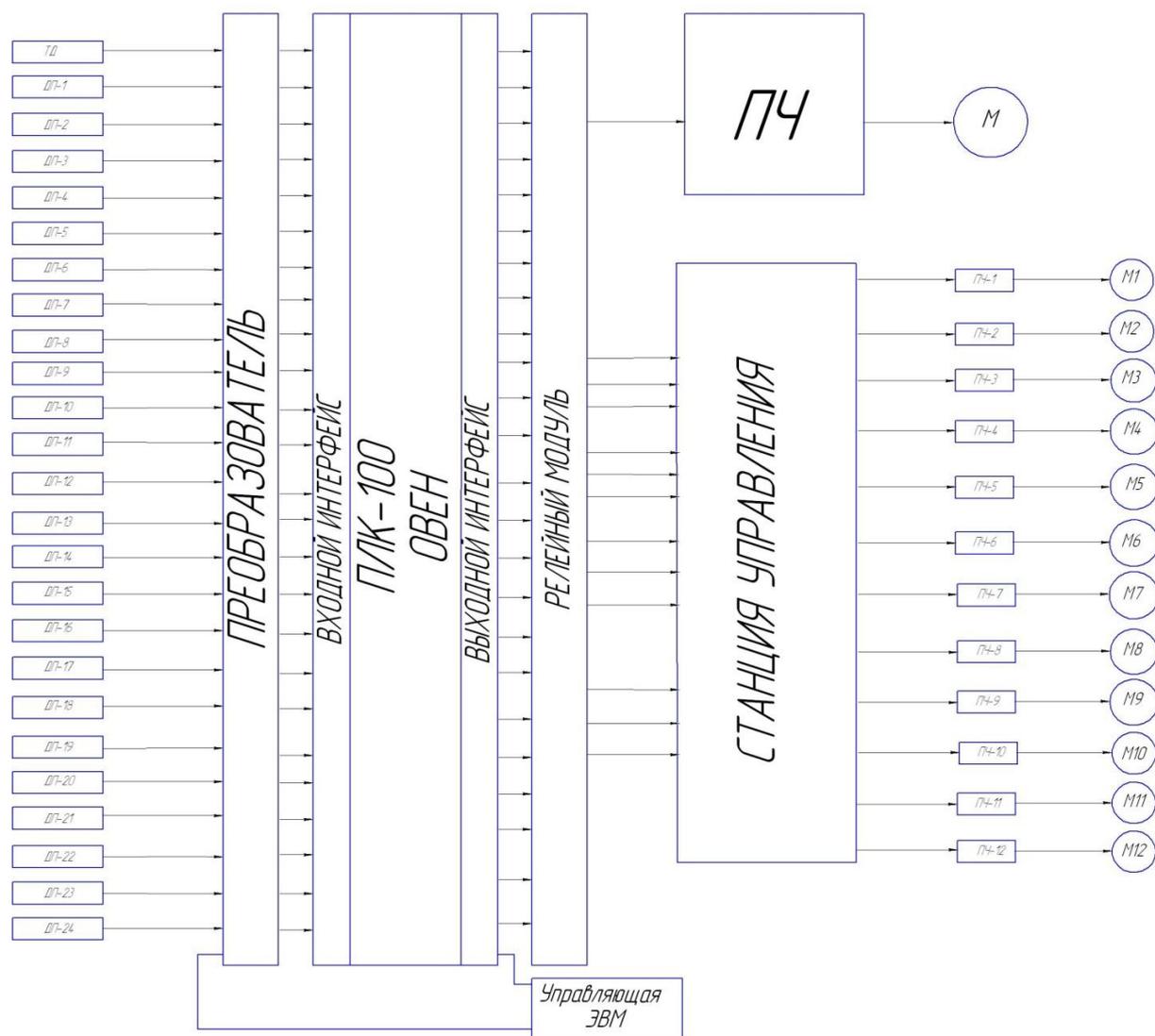


Рисунок 3.5 - Структурная схема системы управления

Описание оборудования системы управления:

- 1 1-24 – Датчик положения домкратов;
- 2 ПЧ – Преобразователь частоты;
- 3 М – Двигатель лебёдки;
- 4 ТД – Тензодатчик;
- 5 ПЛК-100 - Программируемый логический контроллер;
- 6 СУ – Станция управления домкратами;
- 7 М1-М12 – Двигатель домкратов.

### 3.3 Выбор и расчёт подъемного механизма

#### 3.3.1 Выбор подъёмного механизма

Исходя из эксплуатационных условий данного вида транспорта и большой грузоподъёмности выбираем подъёмник электромеханический из подкатных колонн с центральной станцией управления и электронной синхронизацией.

Комплект подкатных стоек грузоподъёмностью из 4 штук по 7500 кг каждая с высотой подъема 1750 мм:

- уникально низкое потребление электроэнергии- 2.2 кВт на колонну;
- электронный контроль синхронизации подъема и опускания;
- электронный контроль появления препятствия под кареткой;
- электронный контроль износа шпинделя;
- автоматический электронный контроль интервалов обслуживания;
- все данные управления и предупреждения выводятся на ж/к дисплей;
- каждая колонна оснащена гидравлической транспортировочной тележкой.



Рисунок 3.6 - Поднятие трёхсекционного шестиосного трамвайного вагона модели 71-631

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

На данном рисунке показан реальный пример поднятия трамвайного вагона модели 71-631 с целью монтажа электрических элементов конструкции и состыковки между секциями так как трамвай является трех секционным в своем ряду.

Подъемник электромеханический из подкатных колонн с электронной синхронизацией. Предназначен для подъема грузового автотранспорта за колеса. Применяется на ровной и прочной поверхности. (Рисунок 3.7)

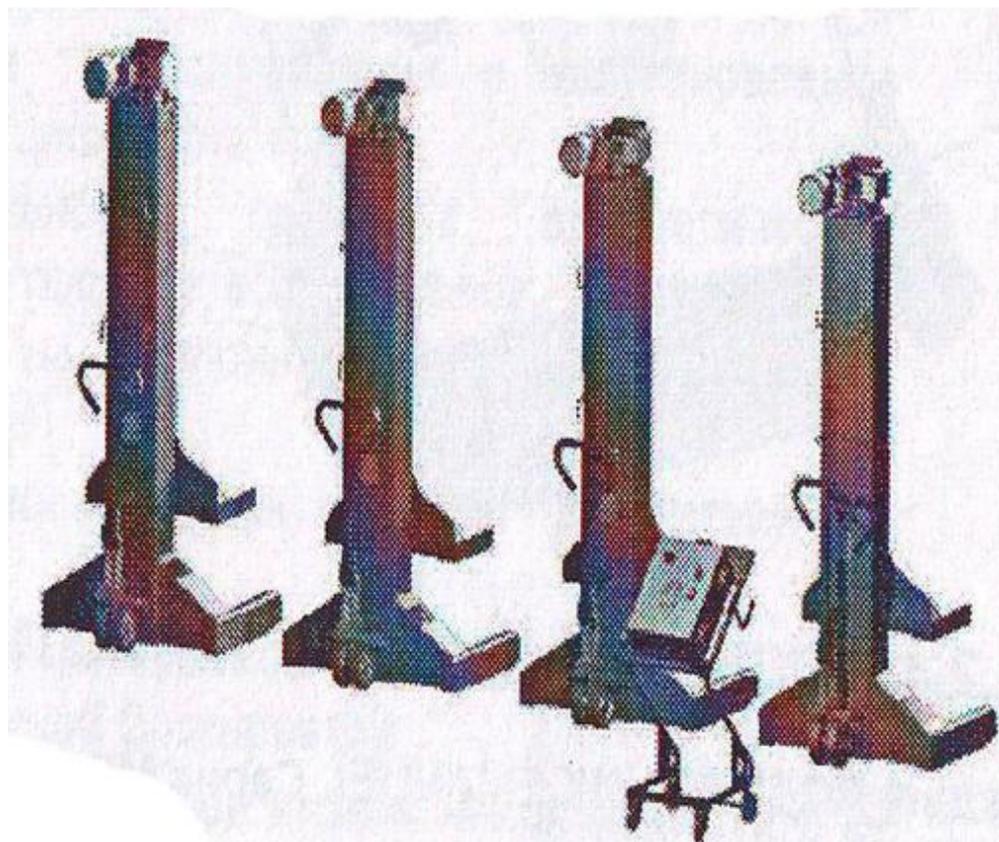


Рисунок 3.7 - Электромеханический подъёмник из подкатных колонн с центральной станцией управления

Технические характеристики:

- грузоподъемность колонны 7.5 тонн;
- скорость подъема 560 мм/мин;
- высота подъема каретки 1 750 мм;
- электропотребление 2.2 кВт;
- синхронизация 2 см;

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43





Рисунок 3.8 - Центральная станция управления, расположенная на колонне

Каждая колонна оснащена дополнительным контрольным процессором для полного контроля над всеми видами перемещениями каретки и состояния рабочих гаек.

Компьютерный блок управления оснащен дисплеем, позволяющим оператору принимать как текстовые сообщения (на русском языке), так и видеть графические представления стадий подъема и опускания колонн.

На дисплей выводится следующая информация:

- сообщения о текущем статусе колонн и возможных операциях;
- предупреждающие сообщения о некорректных действиях оператора;
- графический и цифровой вид высоты подъема по каждой колонне в каждый момент подъема или спуска;
- сообщение о номере неподвижной колонны;
- информация о выполняемом движении;
- информация о возникших проблемах и их причинах;

Контроль движения колонн ведется непрерывно с помощью цифровых датчиков и процессорных плат, которыми оснащены все колонны.

Компьютерный контроль позволяет учесть разную нагрузку, приходящуюся на каждую колонну и синхронизировать движение колонн с точностью 2 см. Используя данные от микропроцессоров колонн, главный компьютер в пульте плавно управляет электродвигателями.



Рисунок 3.9 Центральная станция управления на консольном пульте

Блок управления постоянно оценивает состояние рабочей гайки и ее износ, а также наличие препятствия под движущейся кареткой каждой колонны, два независимых датчика в каждой колонне постоянно контролируют беспрепятственное движение колонн.

В случае наличия препятствия разрешен только подъем вверх. В случае появления сигнала износа рабочей гайки возможен только спуск, на дисплее одновременно с возникновением проблемы появляется сообщение о возникшей ситуации, ее причинах и номере колонны, где это произошло.

Во время движения колонн компьютерный блок управления постоянно осуществляет контроль за следующими механизмами и системами:

- наличие всех фаз на электромоторах и правильность фазировки
- наличие цифровых сигналов с датчиков и их взаимное соответствие по скорости подъема и высоте

- работоспособность клавиатуры для предотвращения неверных команд оператора.
- в случае появления проблемы работа колонн останавливается и на дисплее появляется сообщение о неисправности и номере колонны, где это произошло.

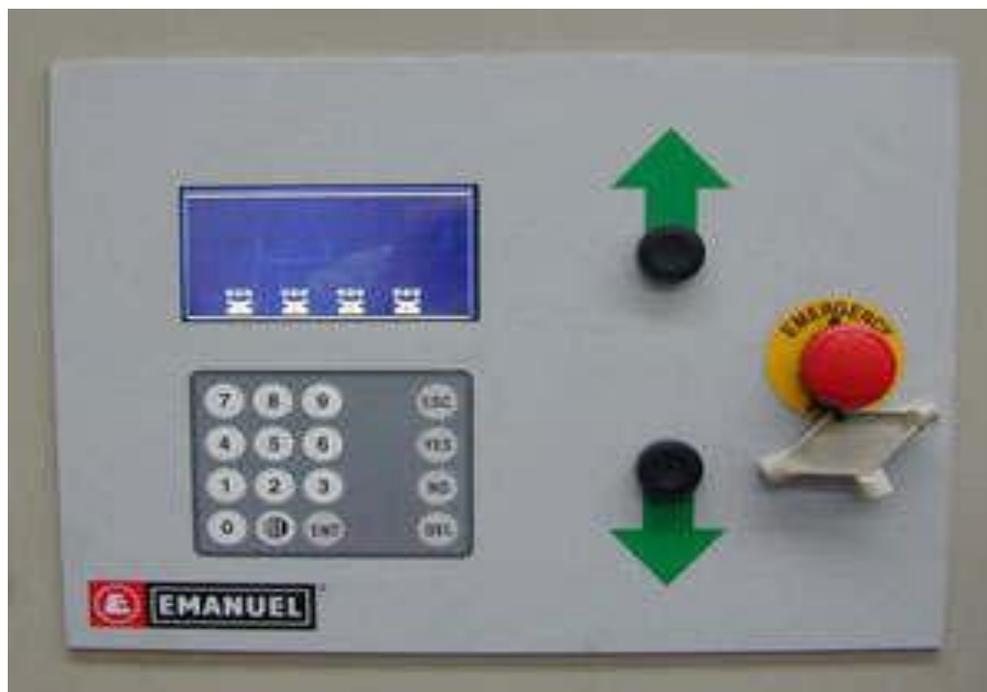


Рисунок 3.10 - Рабочий графический дисплей центральной станции управления

Постоянный контроль за рабочими циклами позволяет компьютеру заранее предупредить оператора о приближении времени обслуживания или остановить работу колонн, превысивших заводской лимит времени между обслуживаниями:

- производитель настаивает на превентивном осмотре и обслуживании колонн, имеющих полную наработку между циклами обслуживания;
- оператор в любой момент времени может получить информацию о времени до следующего обслуживания и данные о реальной наработке колонн;
- количество проведенных обслуживаний сохраняется в памяти компьютерного блока управления.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Блок управления предупреждает оператора о потенциально опасном маневре, который предполагается выполнить. Специальный код доступа к выполнению этих маневров позволяет разграничить доступ к работе и предупредить несанкционированный доступ к оборудованию.

Управление колоннами предупреждает перегрузку одной из колонн. Эта ситуация отслеживается цифровыми датчиками по скорости вращения привода. В случае возникновения перегрузки колонны останавливаются, а на экране появляется сообщение о перегрузке.

Механическая конструкция колонн разработана с учетом высоких статических и механических нагрузок при исключительно небольшом весе и потреблении электроэнергии.

- потребление электроэнергии 1.84 кВт на колонну;
- в производстве используется шведская специальная сталь SSAB, химический состав которой (DOMEX 700CM, 900,1000) вдвое превосходит традиционно используемые в производстве колонн стали (Fe 510).

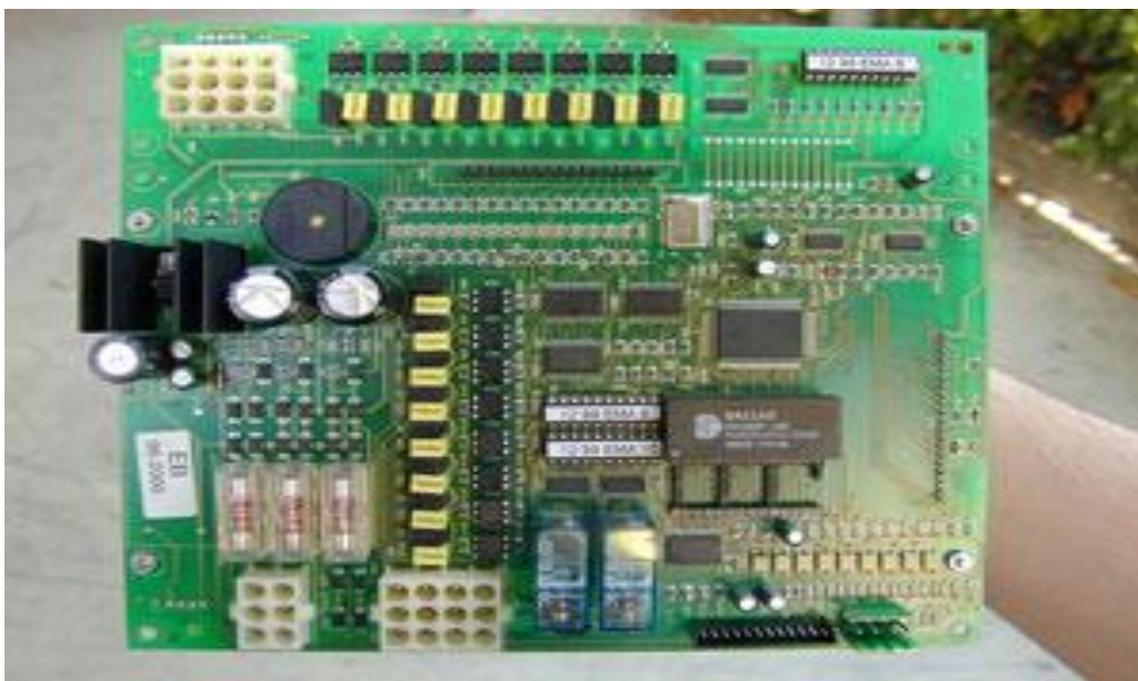


Рисунок 3.11 - Система контроля и синхронизации станции управления

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Система контроля и синхронизации: данный производитель применяет систему контроля и управления, которая используется в промышленной технике; этот уровень исполнения позволяет исключить последствия внешних источников проблем (перефазировки, отключение фаз в процессе работы), так и ошибки оператора или несанкционированный доступ.

Система максимальной высоты подъема и минимальной высоты. Благодаря компьютерному контролю и индивидуальным процессорам, размещенным в каждой колонне можно установить минимальную и максимальную высоту без каких-либо механических регулировок, а с помощью установок с клавиатуры.

В каждой колонне предусмотрен полный визуальный контроль шпинделя, рабочей гайки, направляющих кареток.

Система самодиагностики использует сообщения, выводимые на монитор, а индивидуальные процессоры в колоннах используют систему самодиагностики на базе встроенных светодиодов.

Применение центрального компьютера позволило вывести максимум текстовых и графических сообщений на монитор в привычной и понятной для человека форме в виде текста и графики, как на обычном компьютере:

- при включении появляется сообщения о проверке внешних условий (фазы, напряжение и др) для начала работы, результаты самодиагностики и предложения о возможных действиях для оператора;
- автоматически тестируется каждая колонна и в случае проблемы сообщается номер неисправной колонны;
- оператор может по выбору исключить из работы необходимые номера колонн;
- в процессе работы все действия оператора дублируются на дисплее в цифровой и графической форме;
- при выполнении потенциально опасных маневров колонн от оператора потребуется введения специального кода, подтверждающего его полномочия и квалификацию.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Рассмотрим одну из рабочих колонн подъемника, так как другие аналогичны.

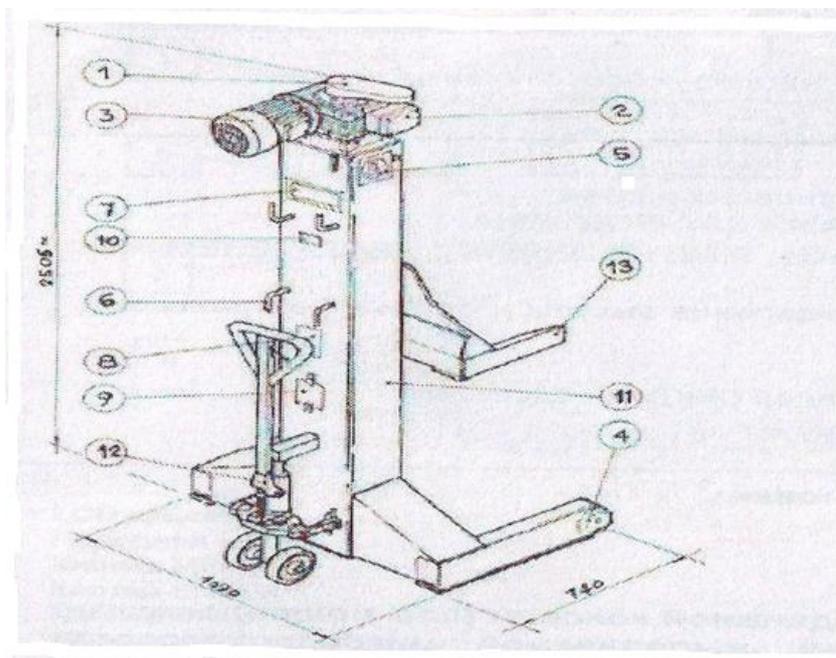


Рисунок 3.12 - Схема общего вида одного подъёмника

Описание подъёмника:

1. Защитный картер;
2. Передатчик определения уровней;
3. Редукторный двигатель;
4. Переднее колесо;
5. Табличка грузоподъёмности;
6. Табличка инструкций;
7. Инспекционный люк;
8. Идентификационная табличка;
9. Колонна;
10. Каретка/ вилы подъёма;
11. Гидравлический домкрат;
12. Подкатной механизм;
13. Держательное устройство;

### 3.3.2 Расчёт подъёмного механизма

Расчёт механизма электромеханического подъёмника из подкатных колонн осуществляется следующим образом. Нам нужно определить какое усилие выдержит каждый подъёмник по отдельности. В данном виде подъёмного оборудования используется гидравлический домкрат за счёт него и осуществляется последующая работа оборудования. Для этого произведём расчет гидравлического домкрата с передачей винт-гайка на 30тонн.

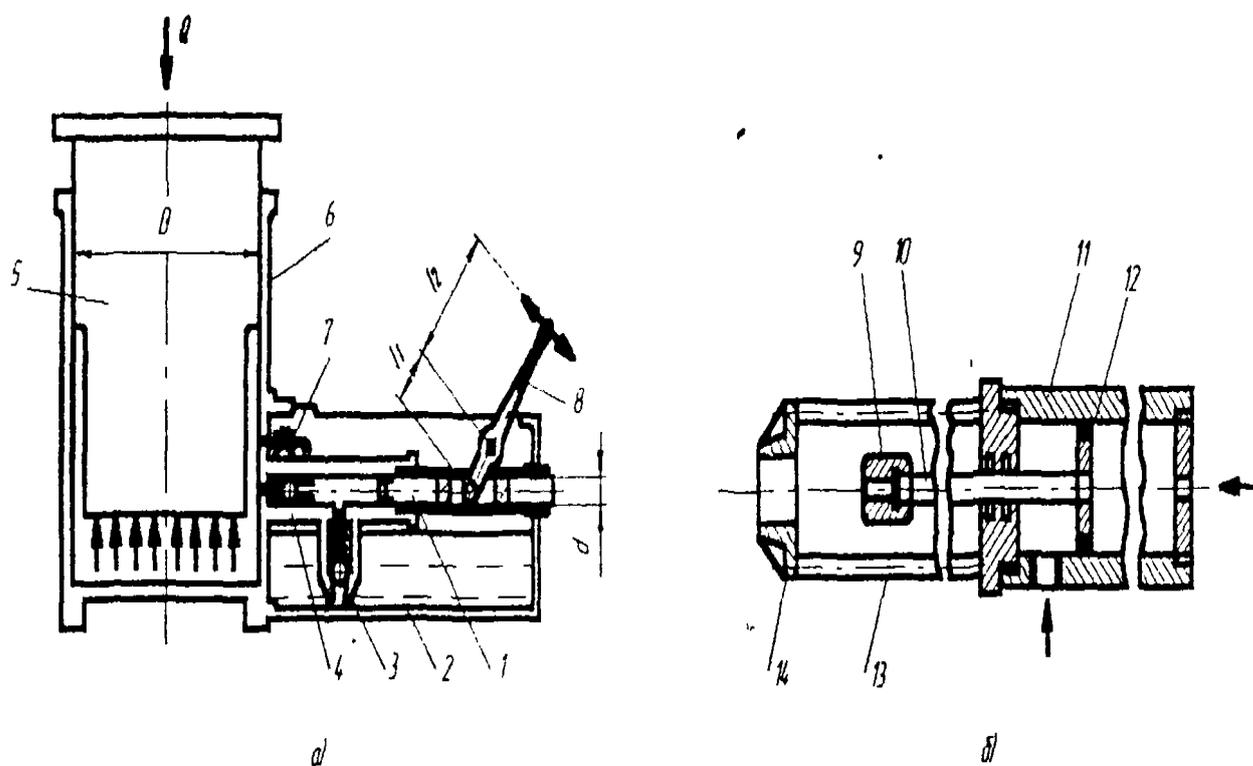


Рисунок 3.13 - Гидравлический домкрат

Домкрат (рис.3.13) состоит из цилиндра 6, являющегося одновременно его корпусом, поршня 5, насоса 1, всасывающего 3, нагнетательного 4 и спускного 7 клапанов. При ручном приводе насос и бак 2 с жидкостью объединены с корпусом домкрата.

Рабочей жидкостью служит минеральное масло или незамерзающая смесь (вода, смешанная со спиртом или глицерином). Рукояткой 8 плунжеру насоса сообщается возвратно — поступательное движение. При движении плунжера вправо цилиндр насоса через всасывающий клапан заполняется жидкостью, а при движении влево жидкость под давлением через нагнетательный клапан поступает под поршень основного цилиндра.

Усилие на рукоятке ( $P$ ), необходимое для подъема груза  $Q$  (рис. 3.13 а). Из формулы следует, что выигрыш в силе пропорционален соотношению квадратов диаметров поршней и плеч рукоятки. Гидравлические домкраты с ручным приводом имеют грузоподъемность до 200 т., и высоту подъема до 0,18 - 0,2 м. При машинном приводе жидкость в цилиндр домкрата подается от отдельного гидравлического насоса, а грузоподъемность одиночного домкрата может достигать 50т. при машинном приводе несколько домкратов могут быть приведены в действие от одной насосной станции и осуществлять подъем крупных сооружений.

Для натяжения стержней или канатов при монтаже предварительно напряженных конструкций применяют тянущие домкраты (рис. 3.13 б). Такой домкрат состоит из цилиндра 11, штока 10 с поршнем 12, стойки 13 и упорной плиты 14. на конце штока имеется гайка 9 для соединения его со стержнем. Домкрат закрепляют в стойке, служащей упором. При подаче масла в домкрат шток вместе с поршнем перемещается, производя натяжение стержня. Тянущие домкраты развивают усилие 630 и 1000 кН при ходе штока 315 и 400 мм., и работают от насосной станции с рабочим давлением 40 Мпа.

Передача винт-гайка предназначена для преобразования вращательного движения в поступательное. При этом обеспечивается очень большой выигрыш в силе. Такие передачи широко используются в авиационной технике: в домкратах, съёмниках, подъёмниках шасси и др.

Преимущества такой передачи – это большая несущая способность при малых габаритах, возможность достижения высокой точности перемещения, простота конструкции и изготовления.

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ					

Недостатком является маленький КПД таких передач.

Основные исходные данные

1. Действующая сила (Н)  $F=10000$ ;
2. Размер  $H_{\max}$  (мм)  $=500$ ;
3. Ход винта  $h=0,4 H_{\max}$ ;
4. Тип резьбы ГОСТ 9484.

Так как механизм ответственный и испытывает большую нагрузку, то материалы винта назначаем из качественной стали, а для гайки - из бронзы.

Для винта: Сталь 45 ( $\sigma_b=610$ МПа;  $\sigma_T=360$  МПа);

Для гайки: БрА9Мц2Л ГОСТ493-41 ( $\sigma_b=400$ Н/мм<sup>2</sup>).

### 3.3.3 Расчёт винта

Во всех случаях винт работает на сжатие (растяжение) и кручение. Винты должны одновременно удовлетворять условию прочности при продольном изгибе и условию допускаемой гибкости:

$$\sigma \leq [\sigma_y] = \varphi[\sigma], \quad (3.1)$$
$$\lambda \leq [\lambda],$$

Наиболее допускаемая гибкость для грузовых винтов  $[\lambda]=100$ . Задаёмся гибкостью и коэффициентом запаса -  $\lambda=90$ ,  $S=5$ . Допускаемые напряжения для стальных винтов определяются по формуле:

$$[\sigma_{\text{н.э}}] = \frac{\sigma_T}{S} = \frac{360}{5} = 72 \text{ МПа} ;$$

Находим диаметр винта по критериям, определяющим работоспособность передачи винт-гайка, исходя из условий: прочности на сжатия с учётом устойчивости, допускаемой гибкости, износостойкости рабочих поверхностей витков резьбы.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

а) Условие прочности на сжатия с учётом устойчивости.

$$d = \sqrt{\frac{kF}{0,78 \cdot [\sigma_{сж}] \cdot \varphi \cdot (1 - \alpha^2)}}, \quad (3.2)$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий скручивание тела винта моментом в опасном сечении. Принимаем  $k=1,3$ ;

$\varphi$  - коэффициент уменьшения основного допускаемого напряжения,  $\varphi=0,9$ ;

$\alpha$  - отношение внутреннего диаметра  $d_0$  к внешнему  $d_1$  (для сплошного сечения  $\alpha = 0$ ).

$$d = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 10000}{0,78 \cdot 72 \cdot 0,9}} = 16,037 \text{ и}$$

б) Условие по допускаемо гибкости.

$$d_1 = \frac{\gamma \cdot l}{\theta[\lambda]},$$

(3.3)

где  $\gamma$  - коэффициент приведённой длины винта, который равен  $\gamma = 2$ ;

$\theta$  - коэффициент полноты сечения,  $\theta = 0,25$ ;

$l$  - свободная длина винта,  $l = 200 \text{ мм}$ ;

$$d_1 = \frac{2 \cdot 200}{0,25 \cdot 100} = 16 \text{ и}$$

в) Износостойкость рабочих поверхностей витков резьбы.

$$d_2 = \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \psi_H \cdot \psi_h \cdot [q]}}. \quad (3.4)$$

где  $d_2$  - средний диаметр резьбы винта;

$\psi_H = H / d_2$  - коэффициент высоты гайки (для ходовых винтов принимают конструктивно 1,2...2,5);

$H$  - высота гайки;

$\psi_h = h / P$  - коэффициент высоты резьбы ( $h$  - высота профиля резьбы,

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

P - шаг резьбы). Для трапецидальной резьбы  $\psi_h=0,5$ ;

[q] - допускаемое удельное давление. [q]=10 МПа;

$$d_2 = \sqrt{\frac{10000}{\pi \cdot 1,3 \cdot 0,5 \cdot 10}} = 22,135 \text{ мм}$$

По наибольшему диаметру подбираем резьбу (вычисленному по допускаемой гибкости):

Таблица 4 - Параметры резьбы

Шаг резьбы, мм	Резьба трапецидальная ГОСТ 9484 - 73 (рисунок 3.14), Диаметр резьбы, мм			
	Винт		Винт и гайки	Гайки
	Наружный $d$	Внутренний $d_1$	Средний $d_2$	Внутренний $d_1'$
2	24	20,528	22,5	21

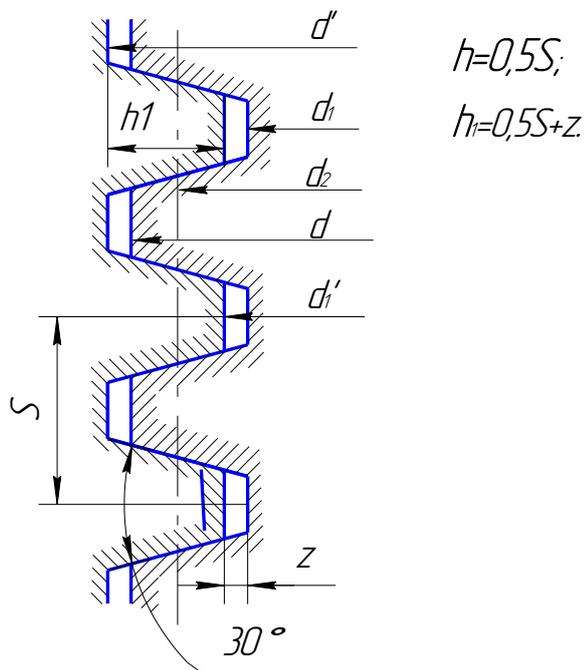


Рисунок 3.14 - Резьба трапецидальная

Проводим проверочные расчёты на условие самоторможения и на прочность в опасном сечении.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Расчёт на условие самоторможение.

Угол подъёма средней винтовой линии резьбы:

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{P \cdot i}{\pi \cdot d_2} = \operatorname{arctg} \frac{2}{\pi \cdot 22,5} = 1^{\circ}604' \quad , \quad (3.5)$$

где  $P$  – шаг резьбы;

$d_2$  – средний диаметр резьбы;

$i$ -количество заходов.

Приведенный угол трения:  $\rho' = 6^{\circ}50'$ ,  $\psi < \rho^0$ .

Условие самоторможения выполняется.

### 3.3.4 Расчет гайки

Гайки обычно изготавливаются из материалов, имеющих в паре со стальным винтом низкий коэффициент трения и хорошую износостойкость. К таким материалам относятся оловянистые и безоловянистые бронзы, латунь, металлокерамика и антифрикционный чугун.

Гайки выполняются в виде цилиндрических втулок, которые запрессовываются или ввинчиваются в подвижный или неподвижный корпус. В данном случае конструкцию гайки выбираем таким образом, чтобы распределение нагрузки по виткам резьбы было наиболее равномерным.

При расчёте резьб гаек допускается, что осевое усилие распределяется по виткам равномерно, а угол подъёма витков настолько мал, что их можно рассматривать в виде плоских круговых колец.

В гайке рассчитывают резьбу (на изгиб, срез и удельное давление), основные её размеры ( $H$ ,  $D$ ), а также отдельные элементы (посадка в корпус, упорный буртик  $\Delta$ , фиксирующие детали и др.).

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

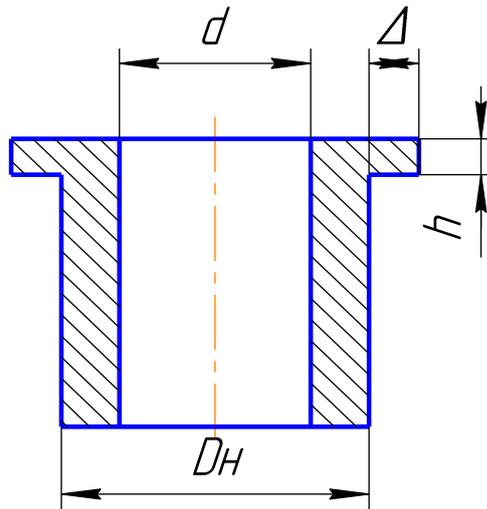


Рисунок 3.15 - Конструкция гайки

Тело гайки подвергается кручению и сжатию. Наружный диаметр тела гайки  $D_H$  определяется из условия прочности:

$$F \cdot k = 0,78 \cdot (D^2 - d^2) [\sigma] \quad (3.6)$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий скручивание тела гайки,  $k=1,3$ ;

$[\sigma]$  - допускаемое напряжение сжатие или растяжении

$$[\sigma] = (0,15 \dots 0,3) \sigma_{\sigma}, \quad [\sigma] = 75;$$

$$D = \sqrt{\frac{Fk}{0,78 \cdot [\sigma]} + d^2} = \sqrt{\frac{10000 \cdot 1,3}{0,78 \cdot 75} + 24^2} = 29,409 \text{ мм}.$$

Наружный диаметр принимаем  $D = 30 \text{ мм}$ , диаметр мал поэтому назначаем его конструктивно  $D = d + 4 \cdot P = 24 + 8 = 32 (\text{мм})$ .

Число витков определяем из уравнения:

$$z = \frac{P}{[P] \cdot 0,78 \cdot [d^2 - (d_1')^2]}$$

$$z = \frac{10000}{10 \cdot 0,78 [24^2 - 21^2]} = 29,869.$$

Высота гайки:

$$\begin{aligned} H &= z \cdot P \\ H &= 30 \cdot 2 = 60 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3.7)$$

Проводим проверку витков резьбы на прочность, так как материал гайки обладает более низкими механическими свойствами, чем материал винта. Исходя из условия прочности витка на срез:

$$[\sigma_u] = 0,25 \cdot \sigma_B, \quad \frac{H}{\text{мм}^2} \quad (3.8)$$

$$[\sigma_u] = 0,25 \cdot 300 = 75 \left( \frac{H}{\text{мм}^2} \right);$$

$$[\sigma_{CM}] = 2[\sigma_{II}]$$

$$[\sigma_{CM}] = 2 \cdot 75 = 150 \left( \frac{H}{\text{мм}^2} \right);$$

$$[\tau_{cp}] = 0,6[\sigma_{II}] = 45 \left( \frac{H}{\text{мм}^2} \right); \quad (3.9)$$

а) Проверка на срез:

$$\tau_{cp} = \frac{F}{h_0 \cdot \pi \cdot d \cdot z} = \frac{10000}{\pi \cdot 1 \cdot 24 \cdot 30} = 5,747 \left( \frac{H}{\text{мм}^2} \right) < [\tau_{cp}] = 45 \text{ МПа}$$

где:

$h_0$  - ширина витка в корневом сечении резьбы:  $h_0 = 0,5 \cdot P = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ (мм)}$ ;

б) Проверка на изгиб:

$$\sigma_u = \frac{3 \cdot p \cdot h_1^2}{h_0^2} = \frac{3 \cdot 7,965 \cdot (1,02)^2}{1} = 24,86 \left( \frac{H}{\text{мм}^2} \right) < [\sigma_u] = 150 \text{ МПа}$$

где  $p$  - равномерно распределенная нагрузка:

$$\begin{aligned} p &= \frac{P}{z \cdot 0,78 \cdot [d^2 - (d_1')^2]}; \\ p &= \frac{10000}{30 \cdot 0,78 \cdot [24^2 - 21^2]} = 7,965. \end{aligned} \quad (3.10)$$

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Условия выполняются.

Размер заплечика  $\Delta$  определяем из условия смятия материала гайки под действием силы  $F$  по уравнению:

$$\pi \cdot D \cdot \Delta \cdot [\sigma_{CM}] = F, \quad (3.11)$$

$$\Delta = \frac{F}{\pi D_H [\sigma_{CM}]} = \frac{10000}{\pi \cdot 32 \cdot 150} = 0,862(\text{мм})$$

Из конструкторских соображений принимаем  $\Delta=4$  мм.

Высоту заплечика  $h_{зан}$  определяется из условия изгиба под действием нагрузки  $F$ , без учёта запрессовки и трения на поверхности гайки, по уравнению:

$$h = \sqrt{\frac{6P\Delta}{\pi D [\sigma_E]}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10000 \cdot 4}{\pi \cdot 32 \cdot 150}} = 4,549 \text{ и } \approx 6 \text{ и} . \quad (3.12)$$

Гайку в корпус ставим по посадке с гарантированным натягом. Для уменьшения натяга гайку в корпусе фиксируем штифтом, который должен удерживать гайку от проворачивания при работе механизма.

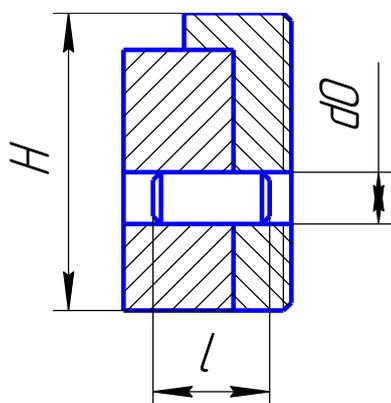


Рисунок 3.16 - Соединение гайки с корпусом с помощью штифта

Расчет штифта выполним из условия его среза по сечению  $d_0$  или смятия поверхности  $A_{см} = d_0 \cdot l$  под действием момента винтовой пары:

$$F_{н\delta} = \frac{2T_{\dot{a}i}}{D_i} = \frac{2 \cdot 20814,5}{32} = 1300,9 \text{ и} \quad (3.13)$$

$$\tau_{\bar{n}\delta} = \frac{4F_{\bar{n}\delta}}{\pi d_0^2} \leq [\tau_{\bar{n}\delta}] \Rightarrow d_0 = \sqrt{\frac{4F_{\bar{n}\delta}}{\pi[\tau_{\bar{n}\delta}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1300,9}{3,14 \cdot 45}} = 7,1 \text{ мм} \quad (3.14)$$

Принимаем  $d_0$  равный 8 мм. Проверим выполнение условия прочности при работе на смятие:

$$\sigma_{\bar{n}i} = \frac{D}{A_{\bar{n}i}} \leq [\sigma_{\bar{n}i}] \Rightarrow l = \frac{D}{[\sigma_{\bar{n}i}]d_0} = \frac{10000}{150 \cdot 8} = 8,33 \text{ мм} \quad (3.15)$$

Принимаем из конструктивных соображений  $l = 10 \text{ мм}$ .

Мы произвели расчёт гидравлического домкрата, который установлен на данном виде подъёмников. Расчет гидравлического домкрата выполнен на 10 тонн. Так как колонна состоит из 4-х подъёмников то общая нагрузка на комплект подъёмников будет 40 тонн, что удовлетворяет данным требованиям.

### 3.4 Выбор и расчёт привода электрической лебёдки

#### 3.4.1 Выбор электрической лебёдки

В данном случае мы выбираем электрическую лебёдку с пультом управления ТЛ-8Б (рисунок 3.17).

#### Принцип работы лебёдки

Подъем груза производится посредством каната или цепи, наматываемой на рабочий барабан, который через систему передаточных механизмов и приводится в движение электродвигателем. Вся эта система механизмов, двигателей, канатов, передач и является электролебедкой. Сегодня - это малогабаритный легкий механизм, оснащенный тормозом и имеющий широкое применение как самостоятельно, так и в составе сложных грузоподъёмных конструкций. Лебедка электрическая тяговая – основные разновидности.

По способу передачи вращения от вала двигателя на барабан фрикционная электролебедка – имеет фрикционную разъёмную связь между двигателем и барабаном.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Вал двигателя вращается с постоянной скоростью и в одном направлении, т.е. не реверсируется. Подъем происходит на режиме работающего двигателя при включенной муфте, опускание происходит под действием силы тяжести при выключенной муфте. Фрикционная лебедка не применяется самостоятельно, а только в составе комплектующих различных типов кранов в групповом механическом приводе от одного электродвигателя.

Редукторная электролебедка – носит свое название потому, что канатоведущий шкив у нее приводится в движение от электродвигателя посредством редуктора

По функциональному назначению:

- 1 монтажная - основной функцией этой лебедки является удержание на весу элемента конструкции при монтаже, до закрепления в проектном положении всех частей;
- 2 тяговая - основной функцией этой лебедки является транспортировка груза при монтажных и строительных работах;
- 3 маневровая - единственная функция этой лебедки, перемещать вагоны, вместо локомотива, на вспомогательных участках и работах железной дороги;
- 4 малогабаритные - говорят сами за себя, основная сфера их применения - небольшие строительные площадки, сфера бытовых услуг и индивидуальные дома;
- 5 скреперные - имеют узконаправленную сферу применения. Они используются в открытой и подземной разработке горной породы на доставке и складировании полезных ископаемых.

Стоит отметить, что лебёдки электрические могут функционировать от электросети напряжением 220 В и 380 В. Это делает использование лебедок удобным как в промышленном, так и в бытовом плане.

Сочетание тщательно разработанной идеи высокой технологии производства и использование только высококачественных материалов - вот залог высокой репутации компании на рынке подъемной и приводной техники.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Лебедка маневровая электрическая ТЛ-8Б предназначена для передвижения железнодорожных вагонов или цистерн на погрузочно-разгрузочных пунктах прирельсовых складских хозяйств.

Двух барабанная конструкция позволяет облегчить работу обслуживающего персонала, при помощи вспомогательного барабана и системы оборотных блоков.

Приведенные ниже технические характеристики и варианты комплектации могут изменяться со временем, и отличаться от информации, опубликованной на сайте.

Чтобы уточнить описание, габаритные и присоединительные размеры, тяговое усилие, скорость навивки каната, либо расчета дополнительных опций, таких как элементы ВБИ, обращайтесь к менеджеру.

Производится в двух основных климатических исполнениях "Т" и "У", категория "2" по ГОСТу 15150-69, при температурах от +40 до - 40 градусов Цельсия.

Лебедка ТЛ-8Б рассчитана для работы в следующих условиях: рабочее состояние - крепление на горизонтальной площадке к фундамент, средний режим работы. Подъем людей недопустим.

Срок службы лебедки маневровой - 7 лет. По желанию заказчика лебедка ТЛ-8Б может быть изготовлена с измененными выходными характеристиками: преобразователь частоты навивки (плавный пуск и остановка), выносной пульт управления или радиоуправление, звуковая сигнализация, может комплектоваться электрооборудованием во взрывобезопасном исполнении, согласно ГОСТ 12.2.020-76.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

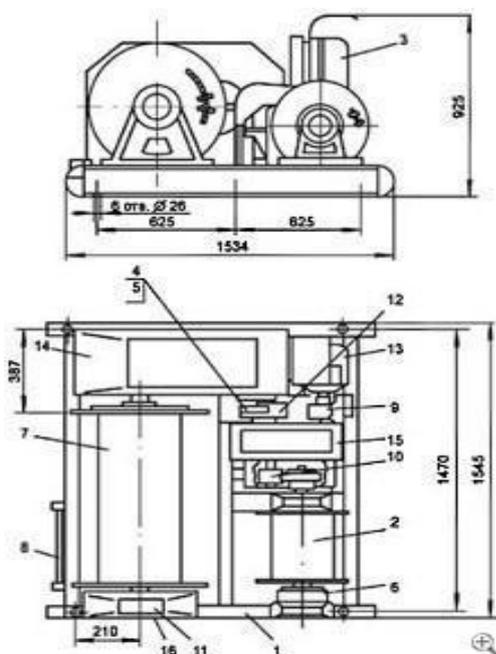


Рисунок 3.17 - Электрическая лебёдка ТЛ-8Б

Перечень элементов входящих в состав:

- 1 Рама;
- 2 Барабан вспомогательный;
- 3 Пусковая электроаппаратура;
- 4 Лента тормозная;
- 5 Кулачковая муфта;
- 6 Лента тормозная;
- 7 Барабан в сборе;
- 8 Ролик;
- 9 Муфта;
- 10 Шестерня;
- 11 Корпус подшипника;
- 12 Шестерня;
- 13 Электродвигатель;
- 14 Редуктор Ц2У-315 Н;
- 15 Редуктор Ц2У-160;
- 16 Подшипник 161.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

### 3.4.2 Расчёт привода электрической лебёдки

В данном случае требуется рассчитать привод тяговой лебедки с заданными силовыми параметрами и кинематической схемой. Привод включает в себя электрический двигатель, одноступенчатый конический редуктор, открытую клиновую ременную передачу, одноступенчатый косозубый цилиндрический редуктор.

Лебедка - это грузоподъемная машина, предназначенная для перемещения груза, область ее применения может быть различной. Тяговые лебедки служат для перемещения тележек с грузом по горизонтальной местности (рисунок 3.18).

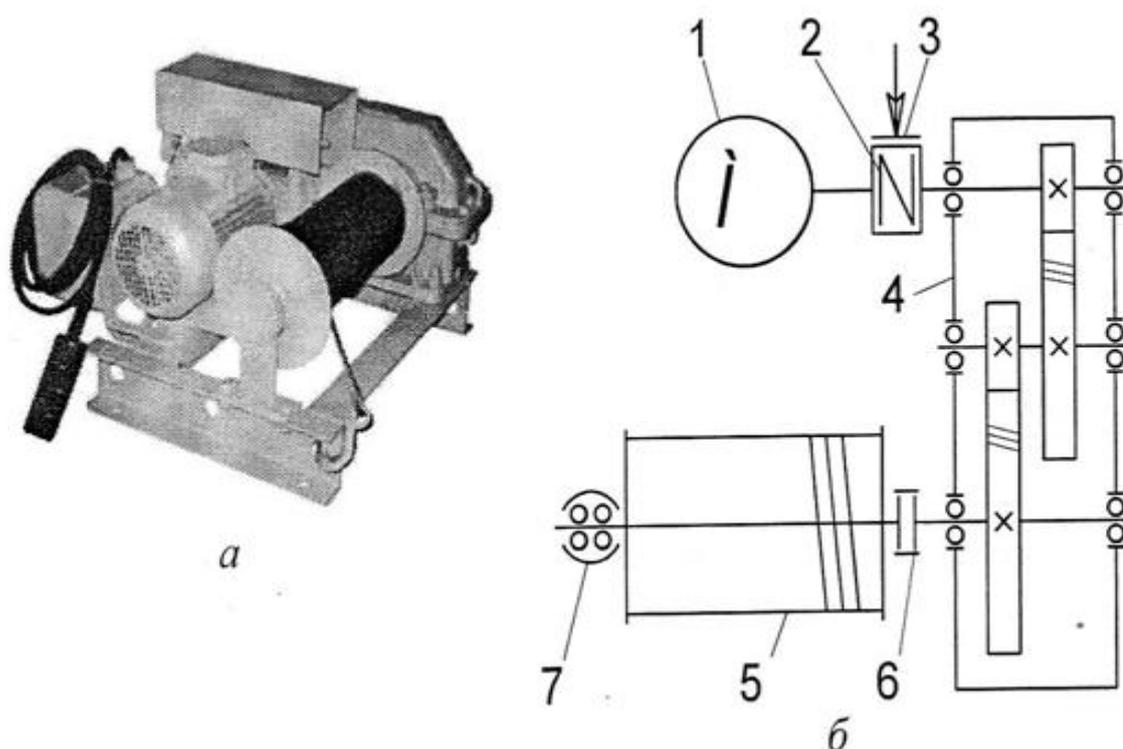


Рисунок 3.18 - Общий вид и кинематическая схема лебёдки

- 1 Электродвигатель;
- 2 Упругая втулочно-пальцевая муфта с тормозным шкивом;
- 3 Автоматический постоянно замкнутый двух колодочный тормоз;
- 4 Цилиндрический зубчатый редуктор;

- 5 Барабан;
- 6 Зубчатая муфта;
- 7 Выносная подшипниковая опора.

В лебедке главным является тяговая способность или крутящий момент.

Двигатели с высоким крутящим моментом очень дороги, используют двигатели с необходимой мощностью, но низким крутящим моментом и высокими оборотами ротора. Необходимого крутящего момента достигают при применении передаточных механизмов. При этом с увеличением крутящего момента уменьшается скорость передвижения грузов.

Необходимо выбирать скорость перемещения грузов обоснованно, чтобы было удобно во время перемещения груза работать с ним. Таким образом, при проектировании лебедки закладывают максимальную массу груза и выбирают скорость перемещения этого груза, устанавливают размер рабочего барабана. Исходя из этих данных, следует подбор кинематической схемы, расчет и выбор двигателя и передаточных механизмов.

Определение силовых и кинематических характеристик на исполнительном устройстве.

Определение полезной мощности на барабане:

$$P = F \cdot V = 9000 \cdot 0.9 = 8100 \text{ Вт} = 8.1 \text{ кВт} \quad (3.16)$$

где:

P – полезная мощность на барабане;

F – Усилие на барабане, Н;

V – линейная скорость м/с;

Определяем момент на барабане:

$$M_6 = F \cdot D = 9000 \cdot 0.3 / 2 = 1350 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.17)$$

где:

D – Диаметр барабана, м.

Определение угловой скорости:

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

$$\omega_4 = \frac{V \cdot 2}{D} = \frac{0,9 \cdot 2}{0,3} = 6 \text{ 1/с} \quad (3.18)$$

Определение частоты вращения барабана:

$$n_4 = \frac{\omega \cdot 30}{\pi} = \frac{6 \cdot 30}{3,14} = 57,3 \quad (3.19)$$

Определение КПД установки необходимой мощности электродвигателя:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta^4_{\text{п. п.}} \times \eta^2_{\text{з. з.}} \times \eta_{\text{рем.}} = 0,99^4 \times 0,97^2 \times 0,9 = 0,82$$

где :

$\eta$  п.п. – КПД пары подшипников;

$\eta$  з.з. – КПД зубчатого зацепления;

$\eta$  рем. – КПД ременной передачи.

Требуется электродвигатель  $P_1 \geq \frac{P_4}{\eta_{\text{общ}}} = \frac{8,1}{0,82} = 9,9 \text{ кВт}$

Ориентируясь на схему привода и предлагаемые в справочнике передаточные отношения в редукторах, а также зная обороты вала, выбираем электродвигатель.

Электродвигатель АД 132 М2:

$$P_{\text{эл}} = 11 \text{ кВт}, \quad n_{\text{эл}} = 2895 \text{ об/мин}, \quad \frac{T_{\text{пус}}}{T_{\text{ном}}} = 3,5, \quad m = 62 \text{ кг}$$

где:

$P_{\text{эл}}$  - мощность электродвигателя;

$n_{\text{эл}}$  - угловая скорость ротора электродвигателя;

$m$  – масса электродвигателя.

Муфту выбираем упругую втулочно-пальцевую по ГОСТ 21424-75. Номинальный крутящий момент 125 Н·м, максимальная скорость вращения 4600 об/мин.

$$U_{\text{общ}} = \frac{n_{\text{эл}}}{n_4} = \frac{2895}{57,3} = 50,5 \quad (3.20)$$

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

где:

$U_{\text{общ}}$  - общее передаточное число привода.

Передаточные отношения для ременных передач желательно брать не более 5.

Цилиндрическую зубчатую передачу и передаточное отношение редуктора выбираем из справочника.

Передаточное отношение редуктора должно входить в промежуток для конической прямозубой передачи  $U=2,3$ .

$$U_{\text{к.п.}} = \frac{U_{\text{общ}}}{U_{\text{р.п.}} \cdot U_{\text{ц.п.}}} = \frac{50,5}{3,6 \cdot 5} = 2,8 \quad (3.21)$$

где:

$U_{\text{к.п.}}$  - передаточное число конической зубчатой передачи;

$U_{\text{р.п.}}$  – передаточное число ременной передачи;

$U_{\text{ц.п.}}$  - передаточное число цилиндрической зубчатой передачи.

Таблица 5 - Распределение силовых кинематических параметров на валах

	Р, кВт	Т, н·м	$\omega$ , 1/с	N, об/мин
1	9,9	32,7	302	2895
2	9,5	88,4	108	1032
3	8,4	281,2	30	286,5
4	8,1	1350	6	57,3

Для вала 3 имеем:

$$P_3 = \frac{P_4}{\eta_{\text{п.п.}} \cdot \eta_{\text{з.з.}}} = \frac{8,1}{0,96} = 8,4 \text{ кВт} \quad (3.22)$$

где:

$P_3$  и  $P_4$  – мощность на валу;

$\eta_{\text{п.п.}}$  – КПД пары подшипников;

$\eta_{\text{з.з.}}$  – КПД зубчатого зацепления.

$$T_3 = \frac{T_4}{U_{ц.п.} \times \eta_{п.п.} \times \eta_{з.з.}} = \frac{1350}{4,8} = 281,2 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.23)$$

где :

$T_3$  и  $T_4$  – крутящий момент на валу;

$U_{ц.п.}$  - передаточное число цепной передачи.

$$\omega_3 = \omega_4 \cdot U_{ц.п.} = 6 \cdot 5 = 30 \frac{1}{с} \quad (3.24)$$

где:

$\omega_3$  и  $\omega_4$  - частота вращения валов.

$$n_3 = n_4 \times U_{ц.п.} = 57,3 \times 5 = 286,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (3.25)$$

где:

$n_3$  и  $n_4$  – угловая скорость валов.

Для вала 2:

$$P_2 = \frac{P_3}{\eta_{2п.п.} \times \eta_{р.п.}} = \frac{8,4}{0,88} = 9,5 \text{ кВт} \quad (3.26)$$

$$T_2 = \frac{T_3}{U_{р.} \times \eta_{2п.п.} \times \eta_{рем.}} = \frac{281,2}{3,18} = 88,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.27)$$

$$\omega_2 = \omega_3 \times U_{рем.} = 30 * 3,6 = 108 \frac{1}{с} \quad (3.28)$$

$$n_2 = n_3 \times U_{рем.} = 286,5 \times 3,6 = 1032 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (3.29)$$

Для вала 1:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_{п.п.} \times \eta_{к.п.}} = \frac{9,5}{0,96} = 9,9 \text{ кВт} \quad (3.30)$$

$$T_1 = \frac{T_2}{U_{\text{к.п.}} \times \eta_{\text{п.п.}} \times \eta_{\text{к.п.}}} = \frac{88,4}{2,69} = 32,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.31)$$

$$\omega_1 = \omega_2 \times U_{\text{к.п.}} = 108 \times 2,8 = 302 \frac{1}{\text{с}} \quad (3.32)$$

$$n_1 = n_2 \times U_{\text{к.п.}} = 1032 \times 2,8 = 2895 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (3.33)$$

По справочнику при нормальных условиях эксплуатации передаточному отношению 5, скорости вращения быстроходного вала 500 об/мин, для редуктора ЦОН-20 мощность на тихоходном валу  $P_T=18,8$  кВт.

$$n_T = \frac{n_6}{U} = \frac{500}{5} 100 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (3.34)$$

где:

$n_T$  – угловая скорость тихоходного вала

$$\omega_T = \frac{\pi \times n}{30} = \frac{3,14 \times 100}{30} = 10,5 \frac{1}{\text{с}} \quad (3.35)$$

где:

$\omega_T$  - частота вращения тихоходного вала.

$$T_T = \frac{P_T}{\omega_T} = \frac{18800}{10,5} = 1790 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.36)$$

где:

$T_T$  - момент на тихоходном валу.

Выбираем редуктор ЦОН-20—5-2. Так как выбранный нами редуктор удовлетворяет требованиям данного оборудования.

Подбор ременной передачи

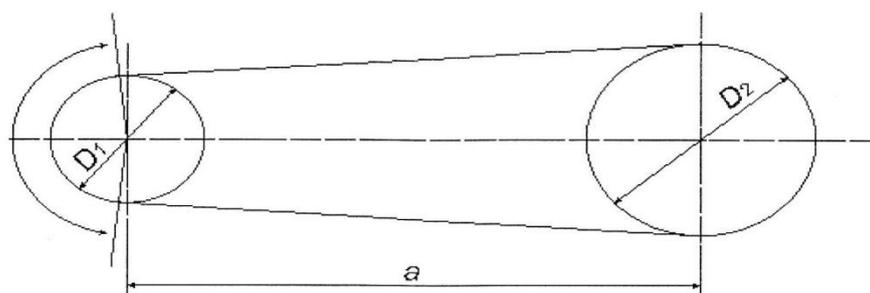


Рисунок 3.19 - Схема ременной передачи

Ременные передачи являются одним из старейших типов механических передач, где привод осуществляется гибкой связью приводным ремнем.

В зависимости от формы поперечного сечения ремня передачи бывают: плоскоременные, клиноременные.

Наибольшее распространение получают клиноременные передачи, плоскоременные в последнее время применяются меньше.

Круглые ремни применяют в основном в приборостроении, машинах домашнего обихода (швейных машинах).

Зубчатые ремни используют для передачи повышенной мощности с точным сохранением скорости.

Основные преимущества ременной передачи: возможность передачи мощности на значительное расстояние до 1.5 м и более; плавность и сравнительная бесшумность работы; отсутствие резких колебаний нагрузок за счет упругой ремня; предохранение механизмов от перегрузки за счет возможного проскальзывания ремня; простота конструкции и эксплуатации; возможность различного расположения валов в пространстве.

К недостаткам ременных передач относятся: большие размеры передач, непостоянство передаточного числа из-за скольжения ремня, повышенная нагрузка на валы и их опоры вследствие необходимости обеспечить предварительное натяжение ремня, низкая долговечность ремней.

Типы ремней. Независимо от формы поперечного сечения все ремни должны отвечать следующим требованиям: высокая тяговая способность, т. е. высокая сцепляемость с поверхностью шкива без пробуксовывания; достаточная прочность; долговечность и износоустойчивость; невысокая стоимость упругость при перегибах.

По кинематической схеме необходимо использовать клиноремennую передачу. Клиновaя форма ремня с боковыми рабочими поверхностями обеспечивает увеличение тяговой способности ремня за счет повышенного трения.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

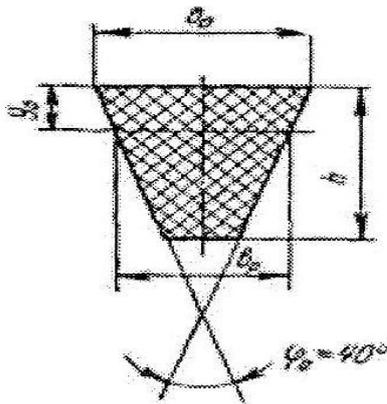


Рисунок 3.20 - Кинематическая схема

Выбираем ремень узкого сечения с размером УА.

$$b_p = 11,0 \text{ мм}$$

$$h = 10,0 \text{ мм}$$

$$b_0 = 13,0 \text{ мм}$$

$$r_0 = 2,8 \text{ мм}$$

Проведя расчеты передачи, выбираем из справочника подходящие нам размеры шкивов и ремня.

Диаметр, выбранных шкивов, 100 и 355 мм, что обеспечивает передаточное отношение 3,62 отклонение от запланированного менее 2%. Длину ремня выбираем 1500 мм, межосевое расстояние составит 371 мм. Количество ремней в передаче вычисляем:

$$z = P_{ном} / [P_p] = 3 \quad (3.37)$$

где:

$P_{ном} = 9,5$  кВт - номинальная мощность на валу;

$[P_p] = 3,17$  кВт - допускаемая мощность, передаваемая ремнями;

$d_p$  - диаметры шкивов (100, 355 мм);

$b_p = 11,0$  мм:  $h = 10,0$  мм:  $\alpha = 40^\circ$ :  $b = 13$  мм.

Подбор одноступенчатого конического прямозубого редуктора.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Преимущества зубчатых передач:

- 1 постоянство передаточного числа (для прямозубой цилиндрической  $U=2,4$ , косозубой цилиндрической  $U=4,6$ , для конической  $U=2,3$ );
- 2 высокая нагрузочная способность;
- 3 высокий КПД (0.96,0.99);
- 4 малые габариты;
- 5 большая долговечность, прочность, надёжность, простота в обслуживании;
- 6 сравнительно малые нагрузки на валы и опоры.

Недостатки зубчатых передач:

- 1 невозможность без ступенчатого изменения скорости;
- 2 высокие требования к точности изготовления и монтажа;
- 3 шум при больших скоростях;
- 4 плохие амортизационные свойства, что отрицательно сказывается на компенсацию динамических нагрузок;
- 5 громоздкость при больших межосевых расстояниях;
- 6 потребность в специальном оборудовании и инструменте для нарезания зубьев;
- 7 зубчатые передачи не предохраняют от опасных нагрузок.

Конические передачи по сравнению с цилиндрическими наиболее сложны в изготовлении и монтаже т.к. для них требуется большая точность.

Материал изготовления шестерен выбирается исходя из своей твердости. Необходимая твердость для этой передачи составляет HB 280. Выбираем сталь 40ХН с обработкой улучшение. предел прочности 930 МПа, предел текучести 690 МПа.

Согласно расчетам шестерня имеет 20 зубьев, колесо – 56, что обеспечивает необходимое передаточное отношение 2,8.

Расчетные показатели напряжений на контактную и изгибную выносливость не превышают предельные значения.

Согласно расчетам ориентировочные габариты редуктора составят:

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

длина основания 230 мм, ширина 210 мм. Полная длина 390 мм, ширина 280 мм, высота 290мм. Высота центра осей валов над основанием 140 мм.

Данный расчёт привода электрической лебёдки производился для максимальной тяги, которая равна 10 тонн, что соответствует данным требованиям.

### 3.5 Выбор концевого выключателя

Концевой выключатель - электрическое устройство, применяемое в системах управления в качестве датчика, формирующего сигнал при возникновении определенного события, как правило, механическом контакте пары подвижных механизмов. Сам выключатель выполняет функции аналогичные обычному выключателю.

Конструкция концевого выключателя оптимизирована для использования в системах управления: малогабаритный прочный корпус (обычно изготавливаемый из металла) имеет элементы конструкции позволяющие легко закрепить и сориентировать в пространстве; индикация работы (подаваемого питания) и срабатывания датчика выполнены при помощи ярких разноцветных светодиодов; подключение производится при помощи миниатюрного разъёма общераспространённого промышленного интерфейса, например CENELEC.

Часто концевой выключатель содержит две пары контактов, нормально разомкнутые и нормально замкнутые. Замкнутая пара позволяет контролировать состояние подключения концевого выключателя: если сигнал переданный по этой паре не возвращается, можно сделать вывод о повреждении кабеля к выключателю. Разомкнутая пара может использоваться для прохождения сигнала после срабатывания выключателя.

Система управления - систематизированный (строго определенный) набор средств сбора сведений о подконтрольном объекте и средств воздействия на его поведение с целью достижения определённых целей.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Объектом системы управления могут быть как технические объекты, так и люди.

Объект системы управления может состоять из других объектов, которые могут иметь постоянную структуру взаимосвязей.

Системы управления с участием людей как объектов управления зачастую называют системами менеджмента.

Техническая структура управления - устройство или набор устройств для манипулирования поведением других устройств или систем.

Объектом управления может быть любая динамическая система или её модель. Состояние объекта характеризуется некоторыми количественными величинами, изменяющимися во времени, то есть переменными состояниями.

В естественных процессах в роли таких переменных может выступать температура, плотность определенного вещества в организме, курс ценных бумаг и т.д.

Для технических объектов это механические перемещения (угловые или линейные) и их скорость, электрические переменные, температуры и т.д.

Анализ и синтез систем управления проводится методами специального раздела математики - теории управления.

Техническая структура управления - устройство или набор устройств для манипулирования поведением других устройств или систем.

Объектом управления может быть любая динамическая система или её модель. Состояние объекта характеризуется некоторыми количественными величинами, изменяющимися во времени, то есть переменными состояниями.

В естественных процессах в роли таких переменных может выступать температура, плотность определенного вещества в организме, курс ценных бумаг и т.д. Для технических объектов это механические перемещения (угловые или линейные) и их скорость, электрические переменные, температуры и т.д.

Анализ и синтез систем управления проводится методами специального раздела математики - теории управления.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Структуры управления разделяют на два больших класса:

- 1 Автоматизированные системы управления (АСУ) - с участием человека в контуре управления;
- 2 Система автоматического управления(САУ) - без участия человека в контуре управления;

Система автоматического управления, как правило, состоит из двух основных элементов - объекта управления и управляющего устройства.

Объект управления - изменение состояния объекта в соответствии с заданным законом управления. Такое изменение происходит в результате внешних факторов, например, вследствие управляющих или возмущающих воздействий.

Системы автоматической стабилизации. Выходное значение поддерживается на постоянном уровне (заданное значение - константа). Отклонения возникают за счёт возмущений и при включении.

Системы программного регулирования. Заданное значение изменяется по заранее заданному программному закону. Наряду с ошибками, встречающимися в системах автоматического регулирования, здесь также имеют место ошибки от инерционности регулятора.

Следящие системы. Входное воздействие неизвестно. Оно определяется только в процессе функционирования системы. Ошибки очень сильно зависят от вида функции  $f(t)$ .

Способны поддерживать экстремальное значение некоторого критерия (например, минимальное или максимальное), характеризующего качество функционирования данного объекта. Критерием качества, который обычно называют целевой функцией, показателем экстремума или экстремальной характеристикой, может быть либо непосредственно измеряемая физическая величина (например, температура, ток, напряжение, влажность, давление), либо КПД, производительность и др.

Выделяют системы с экстремальным регулятором релейного действия.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Универсальный экстремальный регулятор должен быть хорошо масштабируемым устройством, способным исполнять большое количество вычислений в соответствии с различными методами.

Сигнум-регулятор используется как аналоговый анализатор качества, однозначно характеризующий лишь один подстраиваемый параметр систем. Он состоит из двух последовательно включенных устройств: Сигнум-реле (D-триггер) и исполнительный двигатель (интегратор).

Экстремальные системы с плавающей характеристикой. Используется в случае, когда экстремум меняется непредсказуемым или сложно идентифицируемым образом.

Системы с синхронным детектором (экстремальные системы непрерывного действия). В прямом канале имеется дифференцирующее звено, не пропускающее постоянную составляющую. Удалить или зашунтировать по каким-либо причинам это звено невозможно или неприменимо. Для обеспечения работоспособности системы используется модуляция задающего воздействия и кодирование сигнала в прямом канале, а после дифференцирующего звена устанавливается синхронный детектор фазы.

Адаптивные системы автоматического управления служат для обеспечения желаемого качества процесса при широком диапазоне изменения характеристик объектов управления и возмущений.

В замкнутых системах автоматического регулирования управляющее воздействие формируется в непосредственной зависимости от управляемой величины. Связь выхода системы с его входом называется обратной связью. Сигнал обратной связи вычитается из задающего воздействия. Такая обратная связь называется отрицательной.

Сущность принципа разомкнутого управления заключается в жестко заданной программе управления. То есть управление осуществляется «вслепую», без контроля результата, основываясь лишь на заложенной в САУ модели управляемого объекта.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Примеры таких систем: таймер, блок управления светофора, автоматическая система полива газона, автоматическая стиральная машина и т.п.

В свою очередь, различают:

Разомкнутые по задающему воздействию

Разомкнутые по возмущающему воздействию

В зависимости от описания переменных системы делятся на линейные и нелинейные. К линейным относятся системы, состоящие из элементов описания, которые задаются линейными алгебраическими или дифференциальными уравнениями.

Если все параметры уравнения движения системы не меняются во времени, то такая система называется стационарной. Если хотя бы один параметр уравнения движения системы меняется во времени, то система называется нестационарной или с переменными параметрами.

Системы, в которых определены внешние (задающие) воздействия и описываются непрерывными или дискретными функциями во времени, относятся к классу детерминированных систем.

Системы, в которых имеет место случайные сигнальные или параметрические воздействия, и описываются стохастическими дифференциальными или разностными уравнениями, относятся к классу стохастических систем.

Если в системе есть хотя бы один элемент, описание которого задается уравнением частных производных, то система относится к классу систем с распределенными переменными.

Системы, в которых непрерывная динамика, порождаемая в каждый момент времени, перемежается с дискретными командами, посылаемыми извне, называются гибридными системами.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75



Рисунок 3.21 - Концевой выключатель

Концевой выключатель положения нужен в качестве контроля движения трамвайного вагона.

### 3.6 Выбор динамометра

На участке сборки трамвайного вагона модели 71-631 динамометр используется в комплексе со всем оборудованием. По данному прибору контролируется момент нагрузки при испытании трамвайного вагона модели 71-631 на тормозное усилие механических тормозов.

Динамометр - это прибор для измерения силы или момента силы.



Рисунок 3.22 Динамометр механический ДПУ-5 общего назначения

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Состоит из силового звена (упругого элемента) и отсчетного устройства. В силовом звене измеряемое усилие вызывает деформацию, которая непосредственно или через передачу сообщается отсчётному устройству.

Существующими динамометрами можно измерять усилия от долей ньютонов (н, долей кгс) до 20 МН (2000 тс).

По принципу действия различают динамометры механические (пружинные или рычажные), гидравлические и электронные.

Существует несколько типов динамометров: механические динамометры (рычажные и пружинные), а также гидравлические и электрические.

#### Механический динамометр

Существует два вида механических динамометров: пружинный и рычажный. В пружинном динамометре сила или момент силы передаётся пружине, которая в зависимости от направления силы сжимается или растягивается.

Величина упругой деформации пружины пропорциональна силе воздействия и регистрируется.

В рычажном динамометре действие силы деформирует рычаг, величина деформации которого после регистрируется.

Действие гидравлического динамометра основано на вымещении измеряемой силой жидкости из цилиндра. Под давлением жидкость поступает по трубке к записывающему аппарату и регистрируется.

Электрический динамометр состоит из датчика, который преобразует деформацию от воздействия силы в электрический сигнал и дополнительного датчика, который усиливает и записывает электрический сигнал первого датчика. Для преобразования силы или момента силы в деформацию используются индуктивные, пьезоэлектрические, тензорезисторные и вибрационно-частотные датчики сопротивления. Под действием силы датчик деформируется и токи моста сопротивления изменяются. Сила электрического сигнала прямо пропорциональна деформации элемента и в итоге силе воздействия. Второй датчик усиливает сигнал и записывает его для последующей обработки.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

### 3.7 Выбор устройства для взвешивания трамвайного вагона модели 71-631

Взвешивание трамвайного вагона нужно для того чтобы проконтролировать не имеется ли на какой ни будь оси дополнительной нагрузки на раму трамвайного вагона модели 71-631.

Устройство относится к железнодорожному транспорту и предназначено для определения осевых нагрузок вагонов. Весоизмерительное устройство содержит размещенный между торцами рельсов герметичный приемник нагрузки с тензометрическими датчиками. Приемник нагрузки размещен с зазором не более величины температурной компенсации и с превышением его плоскости над рабочей плоскостью рельсов = 1 мм.

Элементы крепления приемника нагрузки к рельсам могут быть выполнены в виде зигзагообразных планок. Приемник нагрузки может быть размещен в местах разъединения рельсов. Приемник нагрузки может быть выполнен в виде цилиндрического корпуса, внутри которого два упругих элемента установлены с возможностью передачи на них деформации через конические элементы, связанные с корпусом, выполненные с противоположным направлением конусов. Упругие элементы могут быть разрезаны в продольном направлении на лепестки.

При соединении выходных сигналов тензорезисторов с измерительно-информационным комплексом устройство позволяет получать весовые данные, приходящиеся на каждое колесо вагонов в процессе их движения.

Устройство упрощает тарировку весов и повышает точность.

Изобретение относится к устройствам для определения массы железнодорожных составов, а именно для определения осевых нагрузок вагонов.

Известны зарубежные и отечественные разработки различных типов весов для взвешивания подвижных вагонов.

В устройстве осуществлен принцип поосного взвешивания транспортных средств в движении при въезде на три платформы и съезде с них.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Для изготовления этих весов требуется выполнить большой объем земляных работ, а также обеспечить защиту датчиков от атмосферных воздействий (воды, снега и т. д). Что же касается чувствительности системы к восприятию нагрузки, то часть ее теряется из-за того, что опоры крайних платформ опираются на жесткое основание, не задействованное в измерительной системе.

Следует отметить, что помимо выполнения жесткой рамы в данной конструкции в качестве упругих элементов используются поперечные держатели, размеры которых выбирают из условий обеспечения прочности, а не из условий повышения точности измерений.

В качестве прототипа выбрано отечественное изобретение под названием устройство для поколесного взвешивания железнодорожных составов.

Изобретение относится к устройствам для определения массы железнодорожных составов, а именно для определения осевых нагрузок вагонов.

Устройство для поколесного взвешивания железнодорожных составов содержит уложенные на деревянные шпалы рельсы, у которых вертикальными двумя разрезами (не доводя их до основания) образован грузоприемный участок с силоизмерительными датчиками.

Для защиты компенсационных датчиков от нагрузки область их установки окружена сквозной прорезью в виде незамкнутого прямоугольника.

В этом случае активные датчики работают на сжатие, а компенсационные не испытывают деформации.

Анализируя конструкцию данного устройства можно сделать следующие выводы:

- 1 наличие прорези в рельсах, испытывающих динамические нагрузки при движении вагонов, негативно сказывается на безопасности движения и на ресурсе работы весов;
- 2 сложность тарировки весов и низкая точность;
- 3 выполнение работ требует снятия рельсов (если колея уже положена), что увеличивает объем затрат на монтаж;

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

4 требуется дополнительная защита тензорезисторов от воздействия атмосферных осадков и температуры.

В предлагаемом изобретении поставленная задача решена путем разработки малогабаритного приемника нагрузки с высокой частотой собственных колебаний (специальный тензометрический датчик) и установки его между стыками рельсов.

Для установки датчика-приемника необходимо в месте стыка рельсов отрезать часть рельса и в образовавшемся разьеме установить датчик-приемник, предварительно закрепив его на планке .

Для образования единого жесткого узла датчик и рельсы скрепляются планками и болтами.

Для снижения и смягчения ударов при накатывании колес превышение плоскости К датчика над рельсами допускается не более 0,5 мм. Также зазор Б выбрать не более 1 мм. Размер между стыками выбирается из условия обеспечения свободного контакта колеса с плоскостью К, не соприкасаясь с рельсами при нахождении колеса в середине пяты датчика.

Для установки датчика по высоте предусмотрены металлические прокладки путем вращения стержня 4 при помощи его хвостовика.

Работа датчика происходит следующим образом. При наезде колеса вагона на пяту датчика усилие Р передается на корпус (первый упругий элемент), в результате чего крышка-конус расширяет разрезанную вдоль коническую поверхность с тензорезисторами, а тензорезистор из-за ухода конуса стержня расслабляется.

В результате при соединении тензорезисторов по схемной компенсации (один активный, а другой компенсационный) происходит усиление сигнала на каждой колее пути.

Наличие программного обеспечения и компьютерной системы позволяет сигналы от данного датчика-приемника трансформировать в весовые показатели с привязкой к номеру вагона.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

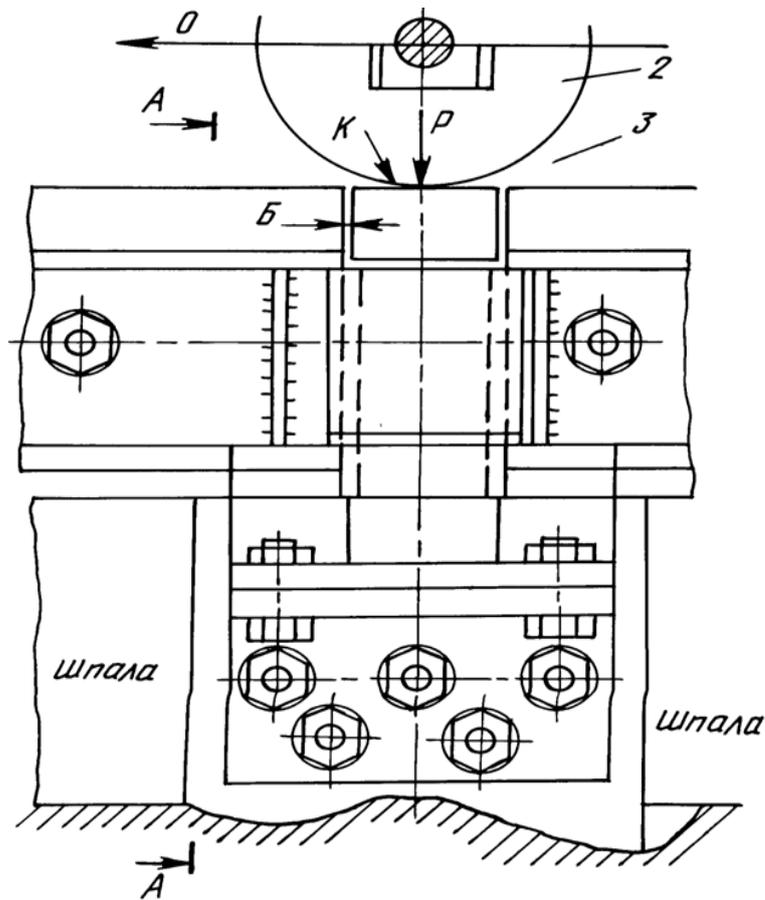


Рисунок 3.23 - Весовое устройство

### 3.7.1 Принцип работы тензометрического датчика

Тензометрический измерительный преобразователь - параметрический резистивный преобразователь, который преобразует деформацию твердого тела, вызванную приложенным к нему механическим напряжением, в электрический сигнал.

Резистивный тензодатчик представляет собой основание с закрепленным на нем чувствительным элементом. Принцип измерения деформаций с помощью тензометрического преобразователя состоит в том, что при деформации изменяется активное сопротивление тензорезистора. Эффект изменения удельного сопротивления металлического проводника под действием всестороннего сжатия (гидростатического давления) был обнаружен в 1856 году лордом Кельвином и в 1881 году О.Д.Хвольсоном.

В современном виде тензометрический измерительный преобразователь конструктивно представляет собой тензорезистор, чувствительный элемент которого выполнен из тензочувствительного материала (проволоки, фольги и др.), закрепленный с помощью связующего (клея, цемента) на исследуемой детали. Для присоединения чувствительного элемента в электрическую цепь в тензорезисторе имеются выводные проводники.

Некоторые конструкции тензорезисторов для удобства установки имеют подложку, расположенную между чувствительным элементом и исследуемой деталью, а также защитный элемент, расположенный поверх чувствительного элемента.

При всем многообразии задач, решаемых с помощью тензометрических измерительных преобразователей, можно выделить две основные области их использования:

исследования физических свойств материалов, деформаций и напряжений в деталях и конструкциях;

применение тензодатчиков для измерения механических величин, преобразуемых в деформацию упругого элемента.

Для первого случая характерно значительное число точек тензометрирования, широкие диапазоны изменения параметров окружающей среды, а также невозможность градуировки измерительных каналов.

В данном случае погрешность измерения составляет 2-10%. Во втором случае датчики градуируются по измеряемой величине и погрешности измерений лежат в диапазоне 0,5-0,05%.

Наиболее ярким примером использования тензометров являются весы. Тензометрическими датчиками оснащены весы большинства российских и зарубежных производителей весов.

Весы на тензодатчиках применяются в различных отраслях промышленности: цветная и черная металлургии, химическая, строительная, пищевая и другие отрасли.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Принцип действия электронных весов сводится к измерению силы веса, действующей на тензодатчик, посредством преобразования возникающих изменений, например деформации, в пропорциональный выходной электрический сигнал.

Широкое распространение тензодатчиков объясняется рядом их достоинств:

- малые габариты и вес;
- малоинерционность, что позволяет применять тензодатчики как при статических, так и при динамических измерениях;
- обладают линейной характеристикой;
- позволяют дистанционно и во многих точках проводить измерения;
- способ установки их на исследуемую деталь не требует сложных приспособлений и не искажает поле деформаций исследуемой детали.

А их недостаток, заключающейся в температурной чувствительности, можно в большинстве случаев скомпенсировать.

### 3.8 Выбор устройства для взвешивания трамвайного вагона модели 71-631

Взвешивание трамвайного вагона нужно для того чтобы проконтролировать не имеется ли на какой ни будь оси дополнительной нагрузки на раму трамвайного вагона модели 71-631.

Устройство относится к железнодорожному транспорту и предназначено для определения осевых нагрузок вагонов. Весоизмерительное устройство содержит размещенный между торцами рельсов герметичный приемник нагрузки с тензометрическими датчиками. Приемник нагрузки размещен с зазором не более величины температурной компенсации и с превышением его плоскости над рабочей плоскостью рельсов = 1 мм.

Элементы крепления приемника нагрузки к рельсам могут быть выполнены в виде зигзагообразных планок. Приемник нагрузки может быть размещен в местах разъединения рельсов.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

Приемник нагрузки может быть выполнен в виде цилиндрического корпуса, внутри которого два упругих элемента установлены с возможностью передачи на них деформации через конические элементы, связанные с корпусом, выполненные с противоположным направлением конусов. Упругие элементы могут быть разрезаны в продольном направлении на лепестки. При соединении выходных сигналов тензорезисторов с измерительно-информационным комплексом устройство позволяет получать весовые данные, приходящиеся на каждое колесо вагонов в процессе их движения.

Устройство упрощает тарировку весов и повышает точность.

Изобретение относится к устройствам для определения массы железнодорожных составов, а именно для определения осевых нагрузок вагонов.

Известны зарубежные и отечественные разработки различных типов весов для взвешивания подвижных вагонов.

В устройстве осуществлен принцип поосного взвешивания транспортных средств в движении при въезде на три платформы и съезде с них. Для изготовления этих весов требуется выполнить большой объем земляных работ, а также обеспечить защиту датчиков от атмосферных воздействий (воды, снега и т. д.). Что же касается чувствительности системы к восприятию нагрузки, то часть ее теряется из-за того, что опоры крайних платформ опираются на жесткое основание, не задействованное в измерительной системе.

Следует отметить, что помимо выполнения жесткой рамы в данной конструкции в качестве упругих элементов используются поперечные держатели, размеры которых выбирают из условий обеспечения прочности, а не из условий повышения точности измерений.

В качестве прототипа выбрано отечественное изобретение под названием устройство для поколесного взвешивания железнодорожных составов.

Изобретение относится к устройствам для определения массы железнодорожных составов, а именно для определения осевых нагрузок вагонов.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

Устройство для поколесного взвешивания железнодорожных составов содержит уложенные на деревянные шпалы рельсы, у которых вертикальными двумя разрезами (не доводя их до основания) образован грузоприемный участок с силоизмерительными датчиками. Для защиты компенсационных датчиков от нагрузки область их установки окружена сквозной прорезью в виде незамкнутого прямоугольника. В этом случае активные датчики работают на сжатие, а компенсационные не испытывают деформации.

Анализируя конструкцию данного устройства можно сделать следующие выводы:

- 1 наличие прорези в рельсах, испытывающих динамические нагрузки при движении вагонов, негативно сказывается на безопасности движения и на ресурсе работы весов.
- 2 сложность тарировки весов и низкая точность.
- 3 выполнение работ требует снятия рельсов (если колея уже положена), что увеличивает объем затрат на монтаж.
- 4 требуется дополнительная защита тензорезисторов от воздействия атмосферных осадков и температуры.

В предлагаемом изобретении поставленная задача решена путем разработки малогабаритного приемника нагрузки с высокой частотой собственных колебаний (специальный тензометрический датчик) и установки его между стыками рельсов.

Для установки датчика-приемника необходимо в месте стыка рельсов отрезать часть рельса и в образовавшемся разьеме установить датчик-приемник, предварительно закрепив его на планке. Для образования единого жесткого узла датчик и рельсы скрепляются планками и болтами.

Для снижения и смягчения ударов при накатывании колес превышение плоскости К датчика над рельсами допускается не более 0,5 мм. Также зазор Б выбрать не более 1 мм. Размер между стыками выбирается из условия обеспечения свободного контакта колеса с плоскостью К, не соприкасаясь с рельсами при нахождении колеса в середине пяты датчика.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

Для установки датчика по высоте предусмотрены металлические прокладки путем вращения стержня 4 при помощи его хвостовика.

Работа датчика происходит следующим образом. При наезде колеса вагона на пята датчика усилие  $P$  передается на корпус (первый упругий элемент), в результате чего крышка-конус расширяет разрезанную вдоль коническую поверхность с тензорезисторами, а тензорезистор из-за ухода конуса стержня расслабляется.

В результате при соединении тензорезисторов по схемной компенсации (один активный, а другой компенсационный) происходит усиление сигнала на каждой колее пути. Наличие программного обеспечения и компьютерной системы позволяет сигналы от данного датчика-приемника трансформировать в весовые показатели с привязкой к номеру вагона.

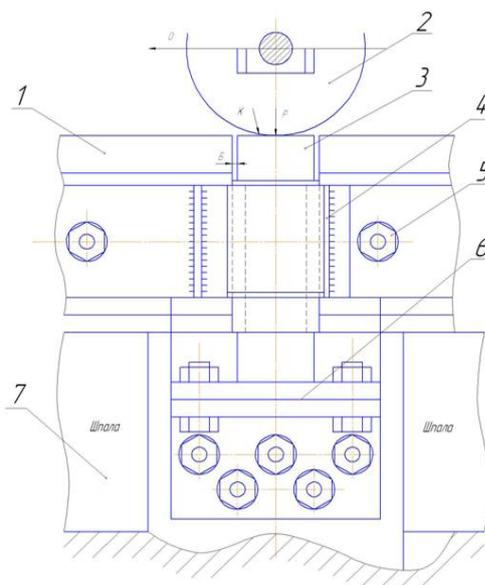


Рисунок 3.23 - Весовое устройство

- 1 Стальной рельс;
- 2 Колесо вагона (нагрузка);
- 3 Датчик тензометрический;
- 4 Крепежные болты;
- 5 Планка;
- 6 Прокладка металлическая;
- 7 Шпала.

									15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						86

### 3.9 Выбор кран-балки

На участке сборки трамвайного вагона модели 71-631 нужно установить современную кран - балку, которая будет использоваться для загрузки и разгрузки электрооборудования на крышу трамвайного вагона данной модели.

Краны данного вида предназначены для погрузочно-разгрузочных, транспортных, подъемных работ и обслуживания технологических агрегатов (станков) на любых объектах производства. Консольные краны применяются на ограниченных производственных площадях.

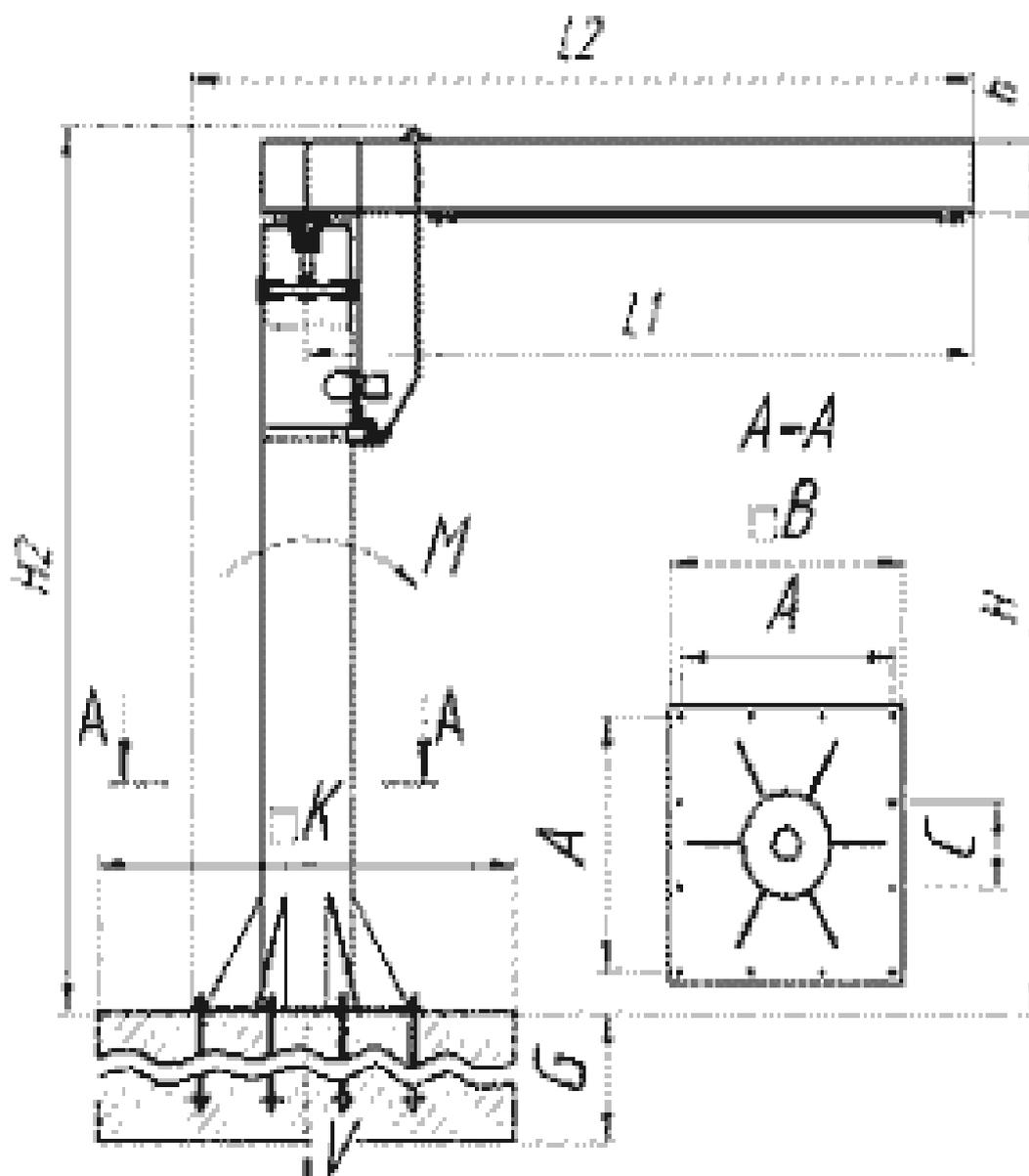


Рисунок 3.24 Кран консольный стационарный (электрический)

## Технические характеристики

Грузоподъемность: 0,25 - 10 т;

Высота подъема: 2 - 12 м;

Вылет стрелы: 2 - 12 м;

Угол поворота: 270 или 360 градусов;

Кран консольный изготавливается с ручным или электрическим управлением. Крепление оборудования может быть настенным или напольным. Кран консольный поворотный выпускается в общепромышленном, пожаробезопасном и взрывобезопасном исполнениях.

Поворотный кран состоит из:

- консоли - консоль крана представляет собой кронштейн, на котором закреплена стрела, изготовленная из несущей двутавровой балки. На конце стрелы консольного крана монтируется упор, ограничивающий перемещение тали по консоли. Поворот консоли выполняется вручную (ККР) или посредством мотор-редуктора (ККМ).
- колонны - вертикальная конструкция, поддерживающая поворотную стрелу крана с рабочим грузом и обеспечивающая необходимую высоту подъема. Колонна изготавливается из трубы с фланцем – основанием, посредством которого кран консольный прикрепляется к полу на подготовленный фундамент с помощью анкерных болтов.
- тали - передвижение тали крана осуществляется вручную (с помощью цепи) или посредством электрического привода.

Также в зависимости от вида выполняемых работ консольный кран можно модернизировать путем внесения в схему подключения дополнительное оборудование. Установка частотного преобразователя на ход тали и поворот консольного крана позволяет изменять и регулировать скорость хода, обеспечивает точную и плавную работу при малой скорости подъема и перемещения груза. Наличие данной опции защищает кран от коротких замыканий, обрыва фаз, перегрева и перегрузок. Диапазон изменения скоростей для механизма перемещения составляет 1:8.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Монтаж плавного пуска на ход тали и поворот консольного крана улучшает пусковые характеристики двигателя и обеспечивает контроль за перемещением.

Таким образом, предотвращаются механические удары, вызывающие преждевременный износ крана

Тормоз на механизме передвижения устанавливается для обеспечения точного позиционирования крана при остановке.

Дублирующее радиоуправление позволяет управлять талью и консольным поворотным краном без необходимости нахождения работника на каком-либо конкретном месте, обеспечивает высокий уровень безопасности. Диапазон рабочей температуры находится в пределах от -30 до 75 градусов. В зависимости от модификации радиус действия составляет 50-100 метров.

Ограничитель грузоподъемности предотвращает перегруз консольного крана и увеличивает срок его службы.

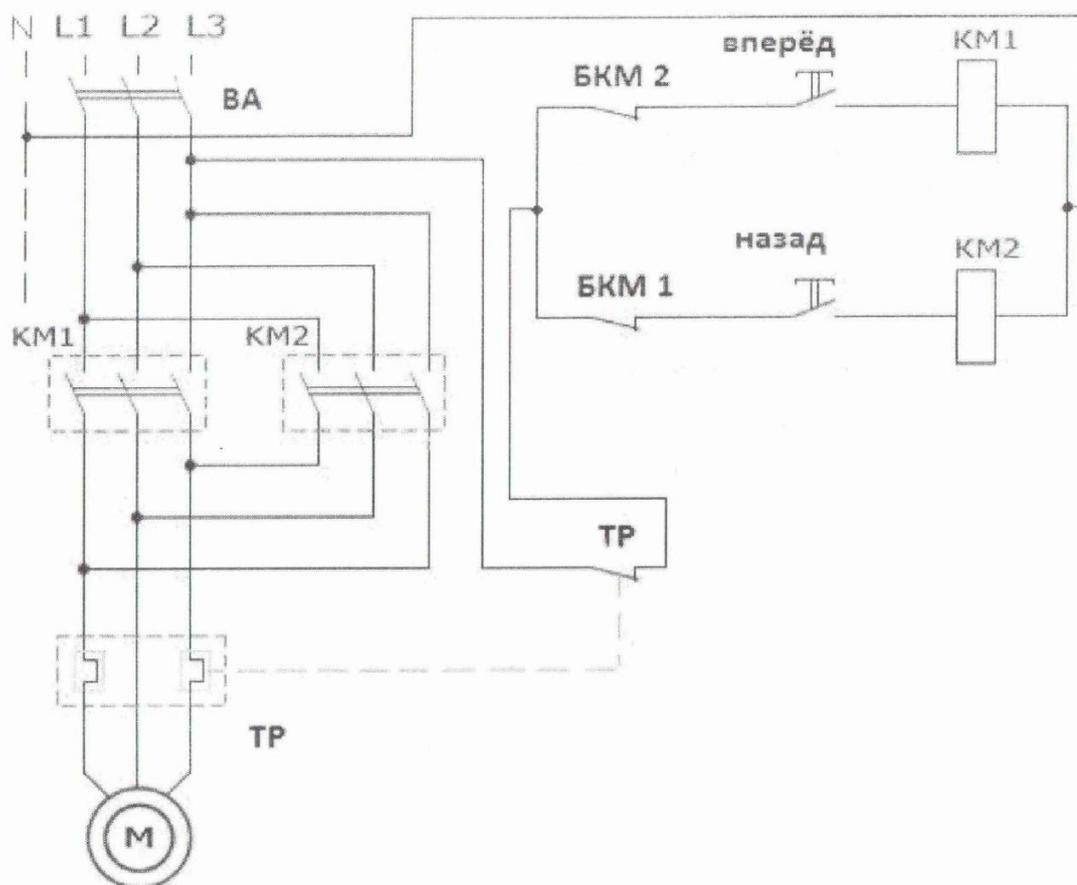


Рисунок 3.25 - Электрическая схема управления консольным краном

Масса поднимаемого груза не должна превышать грузоподъемность крана. Механизм передвижения крана включается в работу нажатием соответствующей кнопки кнопочного поста управления, для остановки механизмов – кнопка отпускается. Груз должен обвязываться согласно схем строповок. Стропы и цепи должны накладываться без узлов и петель. Груз, перемещаемый в горизонтальном направлении, должен быть поднят на 0,5м выше встречающихся на пути предметов.

При повороте крана следует «гасить» раскачивание груза.

Подъем груза должен быть прекращен до срабатывания конечных выключателей. Не применять «косой подъем» груза, а также не снимать груз с крюка под углом.

Следует избегать работы импульсами (очень часто чередующимися включениями механизмов подъема и передвижения). Для обеспечения заданного срока службы необходимо при эксплуатации соблюдать режим работы крана и стараться, чтобы средний груз был в пределах 60% от грузоподъемности.

При возникновении аварийной ситуации необходимо отпустить кнопку, управляющую работающим механизмом, или выдернуть ключ из поста управления затем, оценив создавшуюся обстановку, разгрузить таль.

При эксплуатации необходимо строго следить за исправностью тормоза.

После окончания или при перерыве в работе кран должен быть разгружен, а рубильник, питающий кран, отключен и заперт.

Вывод по разделу три

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 4.1 Обеспечение безопасных условий труда на участке сборки трамвайного вагона модели 71-631

На участке сборки трамвайного вагона модели 71-631 производится сборка и состыковка отдельных секций трамвайного вагона в один целый, так как вагон является трёхсекционным.

На сборочном участке присутствуют опасные производственные факторы:

- движущиеся и вращающиеся части оборудования;
- напряжение питающей сети 380В;
- пожароопасные вещества и материал.

Применяемый инструмент при данной сборки:

- Электродрель;
- Гаечные ключи;
- Специальное стыковочное оборудование;
- Кран-балка;
- Электролебёдка;
- Подъёмники из подкатных колонн.

Для повышения электробезопасности участка необходимо применение систем защитного отключения, защитного заземления, применение изолирующих средств для токоведущих частей оборудования, знаков безопасности, предупредительных плакатов и надписей.

Для обеспечения электробезопасности рабочий так же должен руководствоваться инструкциям по технике безопасности. Всё рабочее оборудование должно проходить периодический, надлежащий осмотр.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

Электробезопасность должна обеспечиваться: конструкцией электроустановок; техническими способами и средствами защиты; организационными и техническими мероприятиями.

Эксплуатация основного и вспомогательного промышленного оборудования связана с применением опасной для человека электрической энергии.

Основными причинами воздействия тока на человека являются: случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям применяем безопасное расположение токоведущих частей и их изоляцию.

Для защиты от механического травмирования на участке применяются предохранительные защитные средства и оградительные устройства. Предохранительные защитные средства предназначены для автоматического отключения оборудования.

Оградительные устройства необходимы для предотвращения попадания человека в опасные зоны участка, такие как зона перемещения и поднятия электрооборудования на трамвайный вагон. Применение полного стационарного ограждения для распределительных устройств электрооборудования участка работающего под высоким напряжением.

Вредными факторами являются:

- производственный шум;
- недостаточность освещения;

Источником шума на сборочном участке являться работа электродвигателя лебёдки и его механические части, а также подъёмное оборудование. Нормативные уровни шума на постоянных рабочих местах составляют 74...99 дБ. Данное оборудование укладывается по шуму в указанные параметры.

Освещение на участке сборки трехсекционного трамвайного вагона модели 71-631будет искусственным. Естественное освещение на данном участке сборки отсутствует.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

Искусственное освещение будет общим, т.е. осуществляемое равномерным распределением светильников в помещении без учета расположения рабочих мест и оборудования.

Искусственная освещённость нормируется величиной минимальной освещенности в зависимости от характера зрительной работы, размера объекта различения, разряда и подразряда зрительной работы контраста объекта различения с фоном и характеристики фона.

По нормам СНиП разрабатываемый участок находится в III поясе светового климата РФ (Челябинская область). Характеристика зрительной работы: общее постоянное наблюдение за ходом производственного процесса, разряд зрительной работы VIII, подразряд зрительной работы - а, освещенность при системе общего освещения 200 лк.

Для освещения участка будут использоваться люминесцентные лампы установленные в открытые светильники типа ОД. Выбор люминесцентных ламп обоснован их большей, по сравнению с лампами накаливания, световой отдачей (50 - 200 лм/Вт) и большим сроком службы (до 8000 - 14000 ч).

Класс пожарной опасности участка соответствует классу (Е) - пожары, связанные с горением электроустановок. Категория помещения участка соответствует категории (Д) - это производства, в которых обрабатываются негорючие материалы в холодном состоянии.

Исходя из этих данных участок необходимо оснастить передвижными и ручными огнетушителями, а также пожарными щитами (ЩП-Е). Для данных условий необходимо применять порошковые, углекислотные, хладоновые огнетушители.

Применение автоматических средств обнаружения пожаров является одним из основных условий обеспечения пожарной безопасности на участке, так как позволяет оповестить дежурный персонал о пожаре и месте его возникновения. Такими средствами являются извещатели комбинированного типа реагирующие на тепло.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

Все работы по ремонту, техническому обслуживанию, регулировки, настройки оборудования, а также его очистки должны производиться при отключенном электропитании и для этого должно выделяться специальное время.

#### 4.2 Расчет общего освещения

Общее освещение - это освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования.

Освещение на участке сборки трехсекционного трамвайного вагона модели 71-631 будет искусственным. Естественное освещение на данном участке сборки отсутствует.

Искусственное освещение будет общим, т.е. осуществляемое равномерным распределением светильников в помещении без учета расположения рабочих мест и оборудования. Искусственная освещённость нормируется величиной минимальной освещенности в зависимости от характера зрительной работы, размера объекта различения, разряда и подразряда зрительной работы контраста объекта различения с фоном и характеристики фона.

По нормам СНиП разрабатываемый участок находится в III поясе светового климата РФ (Челябинская область). Характеристика зрительной работы: общее постоянное наблюдение за ходом производственного процесса, разряд зрительной работы VIII, подразряд зрительной работы - а, освещенность при системе общего освещения 200 лк.

Для освещения участка будут использоваться люминесцентные лампы установленные в открытые светильники типа ОД. Выбор люминесцентных ламп обоснован их большей, по сравнению с лампами накаливания, световой отдачей (50 - 200 лм/Вт) и большим сроком службы (до 8000 - 14000 ч).

При расчете общего освещения с учетом света, отраженного потолком и стенами, применим метод светового потока. Основное уравнение метода (при расчете

минимальной освещенности $E_{min}$ ):					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

$$\dot{A}_{\min} = \frac{\phi \cdot N \cdot U}{100 \cdot S \cdot z \cdot k}, \quad (5.2.1)$$

где

$\Phi$  - световой поток каждой из ламп, лм

$k = 1,5$  - коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников; его значение выбирается в зависимости от количества выделяемой в помещении пыли;

$S$  - площадь помещения,  $S = 30 \cdot 30 = 900 \text{ м}^2$ ;

$z = 1,1$  - коэффициент неравномерности освещенности, для люминесцентных ламп;

$N$  - число ламп общего освещения в помещении:

$$N = \frac{S}{L^2}, \quad (5.2.2)$$

$L$  - расстояние между центрами светильников, м.

Обеспечение равномерного распределения освещенности достигается в том случае, если отношение  $L/H_p$  расстояния между центрами светильников  $L$  к высоте их подвеса над рабочей поверхностью  $H_p$  составляет для светильников преимущественно рассеянного и отраженного света  $ОД - 1,4$ .

Определим высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью по формуле:

$$H_p = H - (h_c + h_r) \quad (5.2.3)$$

где

$H$  – высота помещения,  $H = 6\text{м}$ ;

$h_c$  – величина свеса светильников,  $h_c = 0,4 \text{ м}$ ;

$h_r$  – высота рабочей поверхности,  $h_r = 2 \text{ м}$ .

$$H_p = 6 - (0,4 + 2) = 3,6 \text{ м}$$

$$L = 3,6 \cdot 1,4 = 5,04 \text{ м}$$

Принимаем  $L = 5 \text{ м}$ ;

				15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
					95	

$$N = \frac{200}{6,25} = 32,8 \text{ шт.}$$

Принимаем общее число ламп  $N = 32$  шт.

$U$  – коэффициент использования светового потока ламп, % [ 64 ], т. е. отношение светового потока, падающего на расчетную поверхность к суммарному потоку всех ламп.

Зависит от типа светильника, коэффициентов отражения потолка  $R_{\Pi} = 70$ ; стен  $R_{С} = 50$  и индекса  $I$  формы помещения.

Индекс формы помещения определяется по формуле

$$I = \frac{a \cdot b}{H_p (a + b)}, \quad (5.2.4)$$

где

$a$  и  $b$  – длина и ширина помещения, м.

$$I = \frac{30 \cdot 30}{3,6(30 + 30)} = \frac{900}{216} = 4,17$$

Следовательно коэффициент использования светового потока ламп  $U = 64$ .

Из формулы ( 5.2.5 ) находим световой поток:

$$\Phi = \frac{100 \cdot E_{\text{min}} \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot U} \quad (5.2.5)$$

$$\hat{O} = \frac{100 \cdot 200 \cdot 100 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{32 \cdot 64} = 7644 \text{ лм}$$

Принимаем люминесцентную лампу ЛБ-100, как наиболее подходящую по световому потоку.

Расположение светильников на участке показано на рисунке 5.2.1

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

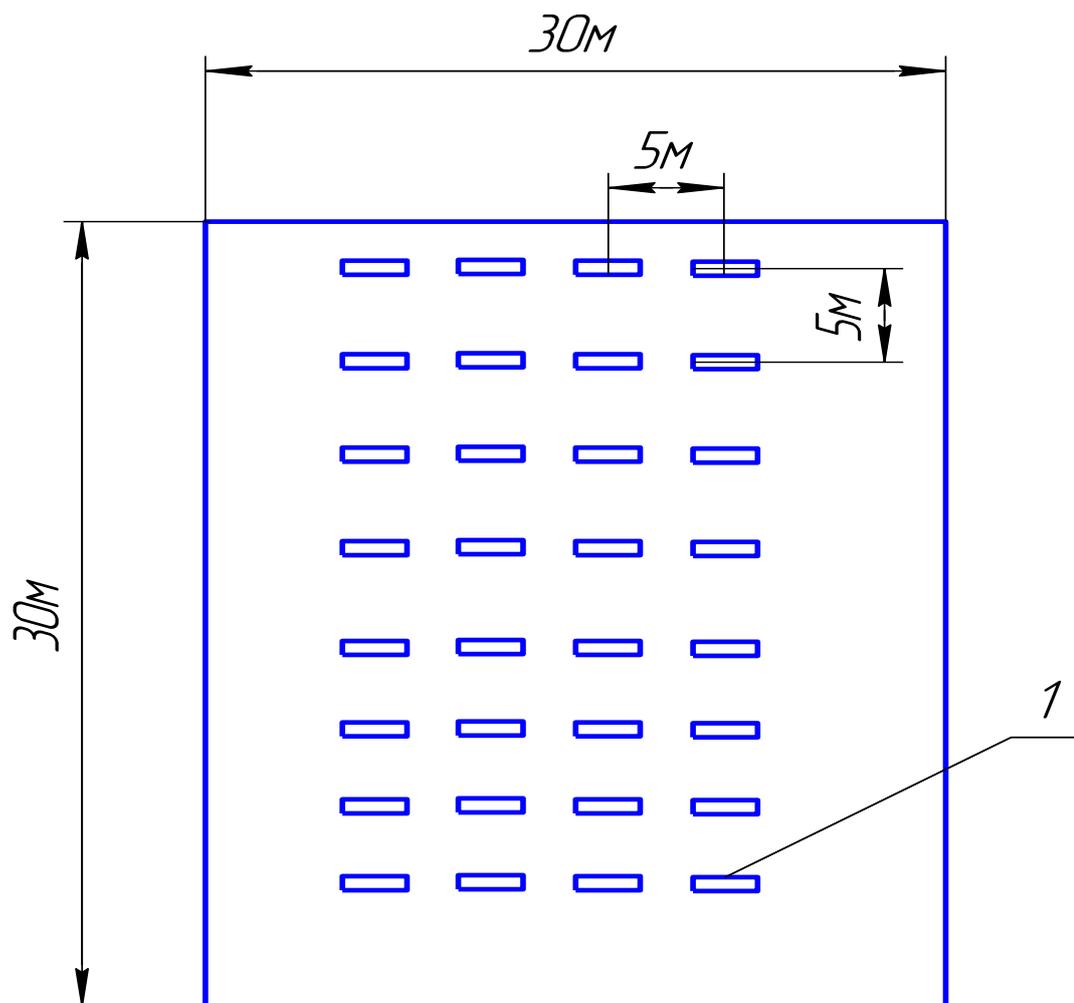


Рисунок 5.2.1 – Расположение светильников на участке сборки

1 – светильники ,32 шт

Для соблюдения норм искусственной освещённости проводится регулярная очистка светильников от загрязнений, своевременная замена перегоревших ламп, систематический ремонт элементов светотехнической и электрической частей осветительной установки.

#### 4.3 Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте

Основным средством для перевозки пассажиров и грузов на большие расстояния является железнодорожный транспорт.

В нашей стране на его долю приходится более 50% объема всех пассажирских и 75% грузовых перевозок. В 2003 году железнодорожным транспортом было перевезено около 25 миллионов пассажиров, что составляет 32% от общего объема перевозок всеми видами транспорта. Железнодорожный транспорт занимает лидирующее положение по числу ЧС и количеству человеческих жертв.

По данным ООН, в результате происшествий ежегодно в мире погибает около 120 тыс человек, экономические потери составляют в среднем 1 миллиард. В последние годы в нашей стране отмечен устойчивый рост количества чрезвычайных ситуаций, числа погибших и раненых, материальных потерь. Риск оказаться получить травму или погибнуть имеет довольно высокую степень вероятности.

#### Чрезвычайные ситуации на железнодорожном транспорте

В транспортной системе России лидирующую позицию по количеству перевозимых грузов и пассажиров занимает железнодорожный транспорт.

Железнодорожный транспорт представляет собой угрозу не только для пассажиров, работников железной дороги, но и для населения, проживающего в непосредственной близости от железнодорожных путей, станций, вокзалов, депо. Это связано с перевозками по железной дороге большого количества легковоспламеняющихся, взрывоопасных, химических и радиационных материалов. Большое количество опасных грузов скапливается на станциях.

#### Основные причины ЧС на железнодорожном транспорте:

- сход подвижного состава с рельсов (крушение) в результате столкновений, нарушения целостности путей, обрушение мостов;
- пожары, взрывы, утечки ядовитых грузов;
- наезд поездов на автомобили, гужевого транспорт и т.д.;
- воздействие неблагоприятных погодных условий и стихийных бедствий.

ЧС на железнодорожном транспорте приводят к травмированию и гибели людей, повреждению и уничтожению материальных ценностей, нанесению ущерба окружающей природной среде.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

Зоной повышенной опасности является железнодорожный путь, особенно в местах пересечения железной дороги с автодорогой или улицей. Такое пересечение устраивается в местах хорошей видимости. Приближающийся поезд должен быть виден не менее чем за 400 метров. Переезд должен быть оборудован звуковой и световой сигнализацией, шлагбаумом, в последнее время дополнительно устанавливаются поднимающиеся мостки.

Переходить железнодорожные пути необходимо только в установленных местах. Перед началом перехода через железнодорожные пути необходимо убедиться в отсутствии движущегося поезда. Стоящие вагоны и локомотивы обходить на расстоянии не менее пяти метров от них.

Меры безопасности на железной дороге:

- нельзя ходить по железнодорожному пути;
- во время движения поезда нельзя находиться на насыпи железной дороги;
- нельзя переходить железнодорожный путь перед близко идущим составом;
- опасно переходить железнодорожный переезд при опущенном шлагбауме, включенной звуковой и световой сигнализации;
- нельзя передвигаться в зоне расположения стрелочных переводов (стрелок), в случае автоматического перевода стрелок нога может быть зажата между ними;
- нельзя подниматься на опоры контактных электрических сетей, прикасаться к металлическим шинам (спускам), идущим от опоры к рельсам;
- в пассажирском составе наиболее безопасными являются вагоны, которые находятся в середине состава;
- на перроне нельзя находиться на краю платформы, прыгать с платформы на железнодорожные пути;
- заходить в вагон и выходить из него можно только на станциях, со стороны перрона или посадочной платформы, после полной остановки поезда;
- нельзя прислоняться во время движения поезда к дверям вагона или открывать их;

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

- нельзя высовываться из окон или дверей при движении поезда;
- запрещается ездить на крыше вагона, на подножках, переходных площадок, в грузовой вагоне.

Контактная подвеска над вагонами находится под напряжением 27,5 тысячи вольт. Напряжение контактного провода настолько велико, что на расстояние двух метров образуется электрическая дуга, которая поражает человека.

В случае обрыва и падения на вагон или землю контактного провода необходимо оставаться в вагоне.

Можно спрыгнуть на землю одновременно на обе ноги и отойти от вагона на безопасное расстояние мелкими шажками или прыжками. Нельзя подходить к лежащему на земле проводу на расстояние ближе 10 метров.

Чрезвычайную опасность на железнодорожном транспорте представляют пожары. Наибольшая опасность связана с пожарами в пассажирских вагонах.

Причиной возгорания чаще всего становится неосторожное обращение пассажиров с огнем, неисправность электрооборудования, нарушение требований противопожарной безопасности.

Скорость распространения огня в коридоре вагона составляет 5 м/мин, в купе 2,5 м/мин. В течение 15-20 минут после начала пожара весь вагон охватывает пламя. Температура горения достигает 950°C.

Поражающими факторами во время пожара в пассажирском поезде являются: дым, открытый огонь, высокая температура, отравляющие вещества, возникающие в процессе горения.

В случае возникновения пожара необходимо сообщить проводнику или начальнику состава.

До прибытия специалистов необходимо организовать тушение пожара с помощью огнетушителей. В случае невозможности потушить огонь необходимо остановить поезд с помощью стоп-крана, предупредить всех о пожаре и незамедлительно покинуть вагон через двери, люки, окна или перейти в соседний вагон.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

Нельзя останавливать поезд стоп-краном на мосту, в тоннеле, на акведуке. В этих местах эвакуация пассажиров и тушение пожара будут затруднены. Если поезд приходится покидать во время его движения, убедитесь в отсутствии препятствий, прыгайте по ходу движения состава.

Вывод по разделу четыре

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

## 5 ОРГАНИЗАЦИОННО - ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 5.1 Расчет срока окупаемости проекта

При проектировании автоматизированной системы большое значение имеют экономические показатели. Общие затраты по внедрению автоматизированной системы включают в себя анализ текущих затрат и анализ капитальных вложений

[1]:

$$Z = C_{тек} + E_n \cdot K, \quad (5.1)$$

где:

$C_{тек}$  – годовые текущие затраты, рублей;

$K$  – единовременные затраты (капитальные вложения), рублей;

$E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности,  $E_n = 0,15$ .

Единовременные затраты  $K$  складываются из затрат на выполнение проекта  $K_{пр}$  и стоимости внедрения  $K_{вн}$  разработанного ПО. Затраты на выполнение проекта состоят из затрат на заработную плату исполнителям и закупку оборудования.

$$K = K_{пр} + K_{вн}, \quad (5.2)$$

$$K = 388000 + 592000 = 980000 \text{ руб.}$$

$$\hat{E}_{\ddot{\imath}\delta} = \tilde{N}_{\grave{c}\grave{a}\grave{\delta}\grave{\imath}} + \tilde{N}_{\grave{\imath}\grave{\imath}\grave{\delta}}$$

(5.3)

$$K_{пр} = 84000 + 304000 = 388000 \text{ руб.}$$

где

$C_{зарп}$  – заработная плата;

$C_{обор}$  – затраты на оборудование;

Затраты на внедрение проекта  $K_{вн}$  состоят из затрат на заработную плату исполнителям со стороны фирмы-разработчика, затрат на закупку оборудования, необходимого для внедрения.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

$$K_{\text{вн}} = C_{\text{вн.зарп}} + C_{\text{вн.об}}, \quad (5.4)$$

$$K_{\text{вн}} = 288000 + 304000 = 592000 \text{ руб}$$

где

$C_{\text{вн.зарп}}$  – заработная плата исполнителям, участвующим во внедрении;

$C_{\text{вн.об}}$  – затраты на обеспечение необходимым оборудованием;

Текущие затраты  $C_{\text{тек}}$  включают в себя:

- заработная плата работников;
- затраты на основные и вспомогательные материалы.

$$C_{\text{тек}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{обр}} \quad (5.5)$$

$$C_{\text{тек}} = 204000 + 30400 = 508000 \text{ руб.}$$

До внедрения автоматизированной системы для сборки между секциями трёх секционного трамвайного вагона модели 71-631

Транспортные расходы на доставку оборудования составляет 5-15% от стоимости оборудования.

$$C_{\text{тр}} = 0.05 \cdot C_{\text{об}} \quad (5.6)$$

где

$C_{\text{об}}$  – стоимость оборудования, тыс. руб.

$$C_{\text{тр}} = 0.05 \cdot 304000 = 15200 \text{ руб.}$$

1 рабочий с зарплатой 9000 руб. в месяц. Его годовая зарплата составляет:

$$Z_{\text{г.р.}} = Z_{\text{мес}} \cdot 12 \quad (5.7)$$

$$Z_{\text{г.р.}} = 9000 \cdot 12 = 108000 \text{ руб.};$$

1 слесарь с зарплатой 8000 руб. в месяц.

$$Z_{\text{г.с.}} = Z_{\text{мес}} \cdot 12 \quad (5.8)$$

$$Z_{\text{г.с.}} = 8000 \cdot 12 = 96000 \text{ руб.}$$

4 инженера технолога с зарплатой 7000 руб. в месяц.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

$$Z_{z.o.} = Z_{мес} \cdot 4 \cdot 12 \quad (5.9)$$

$$Z_{го} = 7000 \cdot 4 \cdot 12 = 336000 \text{ руб.}$$

Таблица 6 - Затраты по внедрению проекта автоматизации

Статьи расхода	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Динамометр механический	1	8 000	8 000
Концевой выключатель	1	19 000	19 000
Весовой датчик	1	12 000	12 000
Комплект домкратов	3	170 400	170 400
Лебёдка электрическая	1	75 000	75 000
Заработная плата одного человека	2	10 000	20 000
Итого			304 000

Итого, на проведение работ в год требуется:

$$P = Z_{z.u.} + Z_{z.v.} + Z_{z.o} \quad (5.10)$$

$$P = 108000 + 96000 + 336000 = 540000 \text{ руб.}$$

После внедрения нового оборудования на участок сборки появится возможность сократить штат инженеров-технологов до одного человека.

Следовательно, затрата на оплату труда рабочего в год составит:

$$Z_{\phi} = 9000 \cdot 1 \cdot 12 = 108000 \text{ руб.}$$

Экономия за счет сокращения инженеров-технологов составит:

$$\mathcal{E}_{год} = 336000 - 108000 = 228000 \text{ руб.}$$

следовательно текущие годовые затраты составят 508000 рублей.

Согласно формулы (5.1) получим:

$$\zeta = 508000 + 0.15 \cdot 304000 = 154477 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости проекта автоматизации составит:

$$\hat{O}_{i\hat{e}} = \frac{\hat{E}}{\hat{Y}_{\hat{a}\hat{i}\hat{a}}} = \frac{304000}{252000} = 1.29 \text{ года.}$$

## 5.2 Экономический эффект

Затраты на создание системы представлены в таблице 6. В эффекте от внедрения автоматизированной системы присутствуют следующие составляющие:

- экономия от высвободившихся устройств;
- экономия от высвободившихся кадровых единиц;
- повышение стабильности работы.

Пульты измерения были заменены контроллером. Информативность при этом увеличилась, как минимум, вдвое, отпала необходимость использования кабелей. Экономия, полученную от высвобождения устройств, иллюстрируют данные таблицы 7.

Таблица 7 - Экономия от высвободившихся устройств

Статьи экономии	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Домкраты	12	4 000	48 000
Услуги погрузчика	1	2 500	2 500
Арматура сигнальная	12	100	1 200
Итого			51 700

Можно принять замечания по поводу неточности расчета, но они представляют собой незначительную погрешность. В подсчете экономического эффекта можно было бы еще учесть повышение сроков службы оборудования, характеристики которых контролируются. Эффект от этого был бы еще больше.

Затраты на внедрение автоматизированной системы сборки трамвайных вагонов приведены на рисунке 5.1.

**Затраты на автоматизацию участка сборки  
трамвайных вагонов**

Наименование затрат	Стоимость, руб.
Капитальные затраты, руб.	1,54477000
- затраты на выполнение проекта, руб.	980000
- транспортные расходы, руб.	15200
- текущие затраты, руб.	508000
- стоимость внедрения проекта, руб.	388000
Прямые затраты, руб.	592000
Экономия от высвободившихся устройств, руб.	51700
- экономия от высвободившихся кадровых единиц, руб.	228000
Срок окупаемости (год)	1.29

Рисунок 5.1 - Затраты на внедрение автоматизированной системы

**Выводы по разделу пять**

Автоматизация на основе современного оборудования, поднимает деятельность людей на качественно новый уровень, позволяет организовывать функционирование предприятий и организаций на базе новой информационной технологии. Практически все большие, средние, малые предприятия и

организации в том или ином объеме требуют автоматизации на основе внедрения новых комплексов.

Расчет экономической эффективности показал, что внедрение автоматизированной системы экономически выгодно. Во-первых, окупается за относительно небольшой период времени. Во-вторых, весь комплекс оборудования позволяет значительно увеличить надежность работы повысить его эффективность, кроме того внедрение автоматизированной системы позволяет снизить себестоимость. Таким образом, внедрение современного оборудования, приносит явный экономический эффект.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автоматизированный участок сборки трамвайных вагонов модельного ряда 71-631:

- повысит уровень сборки трамвайных вагонов модельного ряда 71-631 до качественно нового уровня;
- позволит производить работу на участке сборки качественно и в более ранние сроки;
- новое оборудование, используемое на участке сборки трамвайных вагонов модельного ряда 71-631 экономит время рабочего персонала на выполнение работ;
- обеспечивает надёжность сборки трамвайных вагонов модельного ряда 71-631.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Контроллер ПЛК – 100. – <http://www.fanucrobotics.ru/ru/products/controllers/r-30ia>.
2. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х томах. Том 1. – 8 – е изд., перераб. и доп./ под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 910 с.
3. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х томах. Том 2. – 8-е изд., перераб. и доп./ под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 910 с.
4. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х томах. Том 3. – 8 – е изд., перераб. и доп./ под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 910 с.
5. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С. В. Белов, А.В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др. – М.: Машиностроение, 2005. – 606 с.
6. Белов С. В., А. Ф. Козьяков, О. Ф. Партолин Средства защиты в машиностроении – Под ред. С. В. Белова. М.: Машиностроение, 1989. — 368 с
7. Белоусов, А.П. Автоматизация процессов в машиностроении / А.П. Белоусов, А. П. Ковальчук, А. И. Дащенко, П. М. Полянский – М.: Высш. шк., 1993 –215 с.
8. Белоусов, А.П. Основы автоматизации производства в машиностроении / А. П. Белоусов, А. И. Дащенко – М.: Высш. шк., 1982 – 351с.
9. Воробьев, Е. И. Механика промышленных роботов./ Е. И. Воробьев, О.Д. Егоров, С.А. Попов – М.: Высш. шк. , 1988г. – 367с
10. Капустин, Н.М. Автоматизация машиностроения/ Н. М. Капустин, Н. М. Ковальчук – М.: Высш. шк., 2003– 223 с.
11. Ковальчук, Е. Р. Основы автоматизации машинного производства / Е. Р. Ковальчук, М. Б. Косов, В. Г. Митрофанов. – М.: Высш. шк., 2001 – 321 с.

					15.03.04.2018.068.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

12. Колпаков, А.А. Методические указания по выполнению экономической части дипломного проекта/ А.А. Колпаков – Челябинск: Изд. ЮУрГУ., 2006 – 25 с.
13. Крайков, Э. П. Путевое хозяйство. Учебное пособие./ Э. Т. Крутько, Н. Р. Прокопчук – Минск, 1996 г. – 325с.
14. Кремлевский, П. П. Расходомеры / П. П. Кремлевский. – М.: Машиностроение, 1984. – 186 с.
15. Лифан, И. А. Вагоностроение./ И.А Точев, А.И Пиасто, и др – Спб.: Химия, 1992 г. – 124 с.;
16. Лысов, В. Е. Теория автоматического управления. Основы линейной теории автоматического управления. / В. Е. Лысов – Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2001. – 200 с.
17. Рысин, С.А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов / С. А. Рысин, Г.К. Яковлев – М.: Машиностроение, 1984. – 700 с.
18. Устюгова, Е.А. Организация производства и менеджмент: Методические указания по выполнению курсовой работы/ Е.А. Устюгова – Усть-Катав: Изд.ЮУрГУ, 2006 – 14 с.
19. Фиалковская, Т. А. Вентиляция при покраски изделий / Т.А. Фиалковская – М.: Машиностроение, 1977. – 182 с.