

Справ. №	Перв. примен.

Инва. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подпись и дата

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Робототехника и техническая кибернетика»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
*Р* Масальский Г.Б.  
« 21 » 06 2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

«ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ЛИФТА»

Руководитель *К.Т.Н.* К.Т.Н. ДОЦЕНТ  
подпись, дата должность, ученая степень  
инициалы, фамилия  
Сочнев А.Н.

Выпускник *В.В.* В.В. 21.06.17  
подпись, дата  
Волчок А.В.  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер *В.И.* В.И. 21.06.17  
подпись, дата  
Куликова В.Н.  
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	BR – 15.03.06 ПЗ	Лист
						2

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт  
Кафедра «Робототехника и техническая кибернетика»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Г.Б.Масальский  
подпись  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме бакалаврской работы**

Перв. примен.	
Справ. №	

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР – 15.03.06 ПЗ

Лист

3

Перв. примен.	Студенту <u>Волчок Алексею Валерьевичу</u>			
	Группа <u>ФЭ13-08Б</u> Направление (специальность) 15.03.06 (Мехатроника и робототехника)			
Справ. №	« <u>Роботы и робототехнические системы</u> »			
	Тема выпускной квалификационной работы <u>Исследование надежности конструкции лифта</u> Утверждена приказом по университету № <u>2409/с</u> от <u>27.02.17</u>			
Подпись и дата	Руководитель ВКР <u>Сочнев А.Н.</u> , канд. техн. наук., доц. Каф. РИТК			
	Исходные данные для ВКР: <u>Схема пассажирского лифта, чертежи деталей лифта.</u> Перечень разделов ВКР: Глава 1. Общие сведения и описание объекта Глава 2. Расчет надежности Глава 3. Прогнозирование надежности элементов лифта с помощью искусственной нейронной сети Глава 4. Технико-экономическое обоснование проекта Глава 5. Безопасность и экологичность проекта			
Инв. № дубл.	Перечень графического материала: Лист 1 – Расчет надежности Лист 2 – Структурные схемы расчета надежности Лист 3 – Искусственная нейронная сеть Лист 4 – Вероятность безотказной работы системы за 25 лет Лист 5 – Прогнозирование надежности лифта Лист 6 – Экономическое обоснование проекта			
	Руководитель ВКР _____ Сочнев А. Н. Задание принял к исполнению _____ Волчок А.В.			
Взам. инв. №	« ____ » _____ 2017 г.			
Инв. № подл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
				Лист
				4

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Исследование надежности конструкции лифта» содержит 67 страниц текстового документа, 3 приложения, 10 использованных источников, 6 листов графического материала.

НАДЕЖНОСТЬ, ЛИФТ, УЗЕЛ, ЛОВИТЕЛИ ПЛАВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ, ЗАМОК ДВЕРЕЙ ШАХТЫ ЛИФТА, ОГРАНИЧИТЕЛЬ СКОРОСТИ, БУФЕРА ШАХТЫ ЛИФТА, НЕЙРОННАЯ СЕТЬ.

Цели проекта:

- сбор и проведение анализа статистического материала об отказах элементов пассажирских лифтов с помощью системного анализа;
- формирование массива статистических данных для лифтов, полученных в реальных условиях эксплуатации;
- разработка математической модели оценки эксплуатационной надежности элементов лифта, позволяющей оперативно оценивать показатели надежности на основе массива данных;
- определение количественных значений показателей эксплуатационной надежности
- анализ факторов, на основе разработанной модели, влияющих на конечную надежность
- формирование рекомендации по изменению конструкции лифта для повышения надежности

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР – 15.03.06 ПЗ

Лист

5

Перв. примен.	<b>СОДЕРЖАНИЕ</b>					
	ВВЕДЕНИЕ.....				7	
Справ. №	1. Общие сведения и описание объекта.....				9	
	1.1 Описания объекта исследования.....				9	
	1.2 Описание и работа составных частей лифта.....				10	
	1.3 Нормирование надежности.....				14	
	1.4 Показатели надежности.....				15	
	1.5 Вероятностное определение.....				16	
	1.6 Статистическое определение .....				19	
	1.7 Цель и задачи ВКР.....				21	
	2. Расчет надежности.....				23	
	2.1 Целевое назначение и классификация методов расчета.....				24	
	2.2 Последовательность расчета систем.....				24	
	2.3 Система с последовательным соединением элементов.....				25	
	2.4 Система с параллельным соединением элементов.....				27	
	2.5 Расчет надежности элементов конструкции лифта.....				28	
	3. Прогнозирование надежности элементов лифта с помощью искусственной нейронной сети.....				36	
	Подпись и дата	3.1 Нейронные сети.....				36
		3.2 Обучение многослойной сети.....				40
3.3 Разработка нейронной сети для прогнозирования вероятности отказов системы лифта.....				45		
Инв. № дубл.	4. Техничко- экономическое обоснование проекта.....				51	
	4.1 Расчет затрат на основное оборудование, программное обеспечение и разработку ПО.....				51	
Взам. инв. №	4.2 Затраты на заработную плату.....				52	
	4.3 Затраты на электроэнергию.....				54	
	4.4 Затраты на амортизацию оборудования.....				55	
Подпись и дата						
Инв. № подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
<i>БР – 15.03.06 ПЗ</i>					Лист	
					6	



Перв. примен.	<b>ВВЕДЕНИЕ</b>					Лист
	<p>В жилых и административных зданиях неотъемлемой частью инженерного оборудования является лифт. Он становится одним из наиболее важных и массовых средств пассажирского транспорта в городах. В связи с объективной тенденцией повышения этажности строительства его роль непрерывно растет. Надежность, комфортабельность и техническое совершенство современных средств передвижения в современном ритме жизни очень важно.</p> <p>В настоящее время пассажирские лифты в России достигли широкого распространения, в эксплуатации насчитывается их около 500 тысяч. Поэтому в центре внимания находится повышение качества и надежности лифтов, а также организация и проведение работ по техническому обслуживанию, ремонту и модернизации.</p> <p>Согласно техническому регламенту «О безопасности лифтов», утвержденному постановлением правительства Российской Федерации 2 октября 2009 г. № 782 назначенный срок службы лифтов составляет 25 лет, по истечении, которого проводится диагностическое обследование лифта с последующим ремонтом либо заменой его элементов и возможностью продления срока службы еще до 25 лет в зависимости от срока службы замененных узлов. Кроме того, массовый ввод лифтов в эксплуатацию пришелся на 80-е годы прошлого века, соответственно количество лифтов выработавших срок службы, составляет порядка 35% и продолжает расти.</p> <p>Конструкция пассажирского лифта состоит из довольно большого числа элементов, которые должны обеспечить его надежную работу при эксплуатации. К ним относятся такие элементы, как: ловители, ограничитель скорости, замок шахты лифта, буфера шахты. Все эти детали разрабатываются на длительный срок, но в связи с дефектами и недостатками эксплуатации выводятся из строя намного быстрее. Отказы элементов ведут за собой длительный простой лифта,</p>					
Справ. №						БР – 15.03.06 ПЗ
Подпись и дата	Име. № дубл.	Взам. име. №	Подпись и дата	Име. № подл.		
					Изм.	Лист
					№ докум.	Подпись
					Дата	

Справ. №	
Перв. примен.	

дополнительные затраты на ремонт лифта и угрозу человеческим жизням. Прогнозирование вероятности отказов элементов пассажирских лифтов должно помочь в решении этих проблем.

Име. № подл.	
Подпись и дата	
Взам. инв. №	
Ине. № дубл.	
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
						9



Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

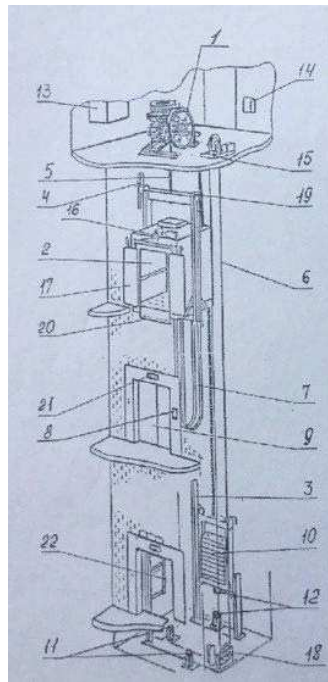
# 1 Общие сведения и описание объекта

Основными вопросами, которые изучает теория надежности, являются отказы технических элементов, количественные характеристики надежности, методы повышения и анализа надежности и элемента на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации.

В данной работе будет затрагиваться вопрос надежности узлов пассажирского лифта в процессе его эксплуатации.

## 1.1 Описание объекта исследования

Лифт — разновидность грузоподъемной машины, предназначенная для вертикального или наклонного перемещения грузов на специальных платформах, передвигающихся по жёстким направляющим [1].



1– лебедка; 2 – кабина; 3 – направляющие противовеса; 4 – направляющие кабины; 5 – канаты тяговые; 6 – канаты ограничителя скорости; 7 – кабель подвесной; 8 – аппарат вызывной; 9 – дверь шахты; 10 – противовес; 11– буфера кабины; 12– буфера противовеса; 13 – контроллер; 14 – вводное устройство; 15 – ограничитель скорости; 16 – перевод дверей кабины; 17 створки кабины; 18 – натяжное устройство; 19 – башмаки кабины; 20 – фартук кабины; 21 – этажный индикатор; 22 – отводная линейка конечного выключателя.

Рисунок 1.1 – Общий вид лифта

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

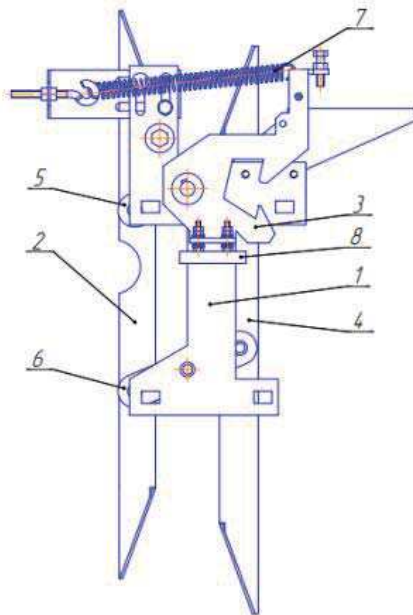
Перв. примен.

Общий вид лифта представлен на рисунке 1.1. Транспортирование пассажиров производится в кабине, которая перемещается по вертикальным направляющим и приводится в движение лебедкой, установленной в машинном помещении, с помощью тяговых канатов подвески. Для входа в кабину и выхода из нее шахта по остановкам имеет ряд проемов, закрытых дверями. Противовес размещен в шахте лифта, а дополнительное оборудование, в нижней части шахты, на кабине лифта и в машинном помещении.

Справ. №

## 1.2 Описание и работа составных частей лифта

*Замок дверей шахты лифта.* Замок (рисунок 1.2) состоит из тяг 5,6, закрепленных на кронштейне 1. Отводка 4 и щека 2 двигаются на встречу друг друга на осях тяг. На оси тяги 5 закреплен зацеп 3. Он ориентирован таким образом, что имеет три рабочих положения.



1 – кронштейн; 2 – щека; 3 – зацеп; 4 – отводка; 5,6 – тяги; 7 – пружина; 8 – пластина электромагнита.

Рисунок 1.2 – Замок

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР – 15.03.06 ПЗ

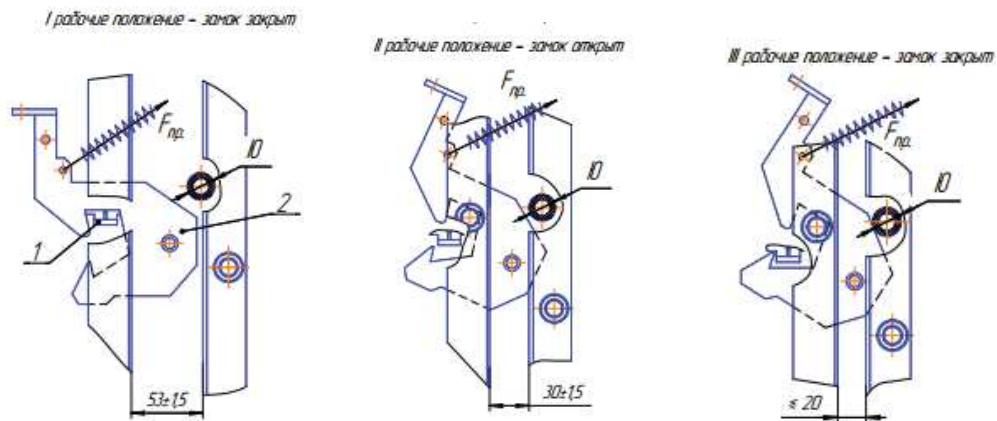
Лист

11

Перв. примен.

Справа. №

На рисунке 1.3 представлена схема работы замка. При закрытом замке расстояние между отводками  $53\pm 1,5\text{мм}$ . Положением электромагнита обеспечивается размер, путем перемещения кронштейна осуществляется регулировка по базам в балке. При этом кронштейн 1 (рисунок 1.3) должен находиться внутри зацепа замка 2 для исключения движения кареток.



1 – кронштейн; 2 – зацеп.

Рисунок 1.3 – Схемы работы замка

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Замок открыт: расстояние между отводками равно  $30\pm 1,5\text{мм}$ . Зацеп 2 выходит из зацепления с кронштейном 1 – по линейке могут свободно перемещаться каретки.

Замок закрыт: расстояние между отводками замка равно 20мм или меньше. Положением верхнего упора Ю обеспечивается размер, перемещением упора по пазу в кронштейне 1 (рисунок 1.2) осуществляется регулировка. Кронштейн 1 (рисунок 1.3) должен находиться внутри зацепа замка 2, чтобы исключить движение кареток.

*Ловители плавного торможения.* Для остановки и удержания кабина на направляющих при возрастании скорости движения кабины используются ловители плавного торможения (рисунок 1.4).

Лист

БР – 15.03.06 ПЗ

12

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

Перв. примен.

Справа. №

Подпись и дата

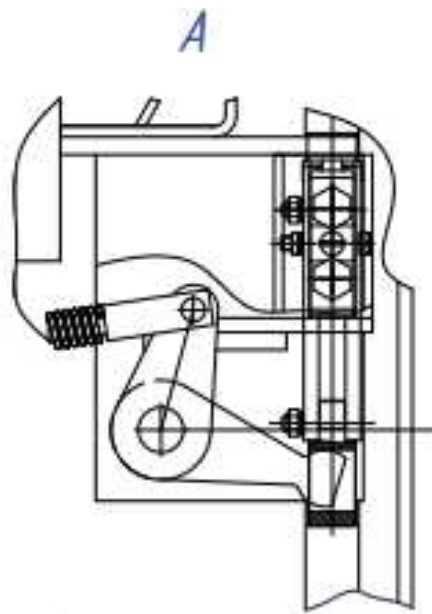
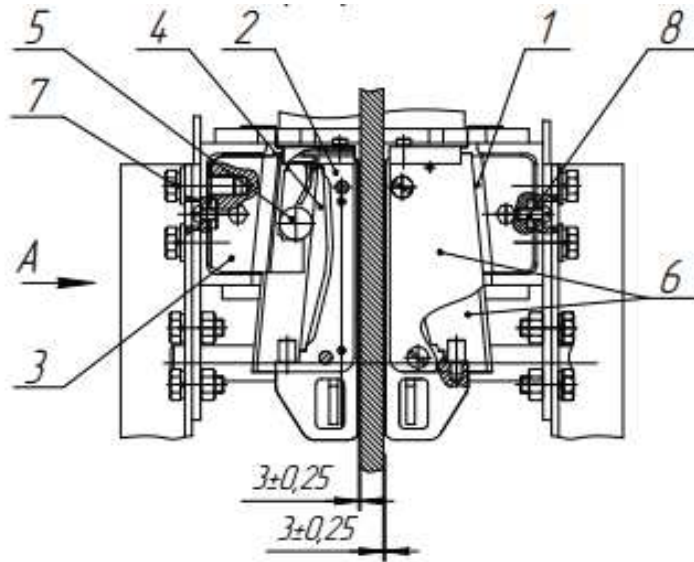
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

От ограничителя скорости, установленного в машинном отделении и действующего на привод ловителей, происходит их срабатывание. Ловители установлены под верхними башмаками с каждой стороны между швеллерами верхней балки. Ловители г/п 400,630 кг состоят из клина в сборе левого и правого.



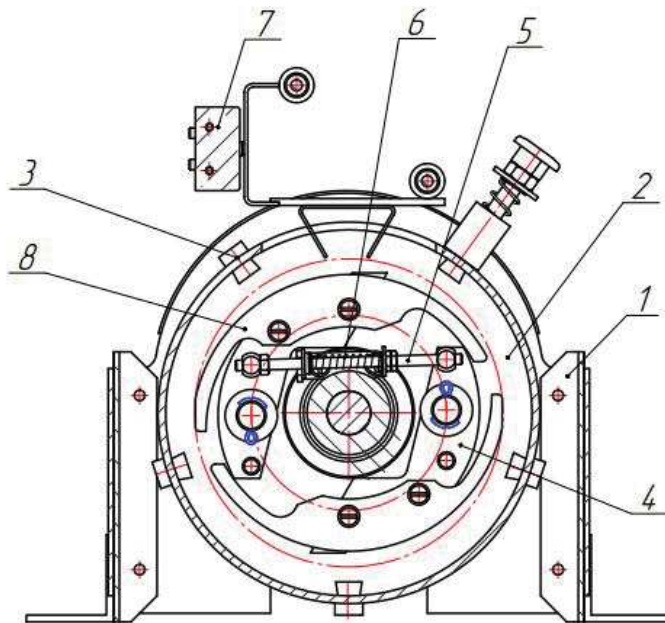
1 – клин правый в сборе; 2 – клин; 3 – колодка; 4 – пружина 5 – ролик; 6 – крышки; 7 – болт с шайбой; 8 – винт с шайбой.

Рисунок 1.4 – Ловители (г/п 400,630)

Перв. примен.

Клин в сборе 1 (рисунок 1.4) размещен между крышками 6, прикреплен болтами 7 с шайбами и вантами 8 к швеллерам и стоякам, и состоит из клина 2, колодки 3, пружины 4, ролика 5.

*Ограничитель скорости.* Для приведения в действие ловителей служит ограничитель скорости (рисунок 1.5)



1 – корпус; 2 – шкив; 3 – упор; 4 – груз; 5 – тяга; 6 – пружина; 7 – датчик; 8 – отводка

Рисунок 1.5 – Ограничитель скорости

Ограничитель скорости состоит из шкива 2, который установлен на ось вращения в корпусе 1 закрытым крышкой, и вваренных упоров, которые в свою очередь взаимодействуют с грузами 4 при критической скорости шкива. Два груз 4 установлены в расточках шкива 2 на осях. Грузы соединяются между собой шарнирно тягой 5 и пружиной 6, образуя параллелограмм. Выключатель 7 закреплен на кронштейне на верхней части корпуса 1. При критической частоте вращения шкива обмотки 8, установленные на каждом грузе, взаимодействуют с выключателем 7.

*Буфера шахты лифта.* Для гашения кинематической энергии кабины и противовеса в нижней части шахты (в приямке) под кабиной и противовесом установлены буфера. Для лифтов с номинальной скоростью не более 1,0 м/с

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР – 15.03.06 ПЗ

Лист

14

Перв. примен.	<p>применяются пружинные буфера, со скоростью 1,6 м/с устанавливаются гидравлические буфера.</p> <p><b>1.3 Нормирование надежности</b></p> <p>Нормирование надежности - это назначение (в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации) количественных и качественных требований к надежности [2].</p> <p>Нормирование надежности включает в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбор номенклатуры нормируемых показателей;</li> <li>- технико-экономическое обоснование значений показателей надежности;</li> <li>- задание требований к точности и достоверности исходных данных;</li> <li>- формирование критерия отказов, повреждений и граничных состояний;</li> <li>- задание требований к методам контроля надежности на всех этапах жизненного цикла объекта.</li> </ul> <p>В зависимости от назначения и условий эксплуатации объекта, в качестве нормируемых показателей могут быть использованы один или несколько показателей (безотказность, ремонтпригодность, долговечность)</p> <p>Показатели, не включенные в государственный стандарт, допускается нормировать по согласованию между разработчиком и заказчиком.</p> <p>Наиболее часто нормируются следующие показатели:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вероятность безотказной работы изделия в течение заданной наработки (заданного времени) <math>t</math>, <math>p(t)</math>.</li> <li>- среднее время безотказной работы (наработки на отказ), <math>T_{HO}</math>.</li> </ul> <p>Основные показатели и нормы для лифтов должны соответствовать ГОСТ 22091-95 Лифты пассажирские и грузовые.</p>					
Справ. №						
Подпись и дата						
Инв. № дубл.						
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Инв. № подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>БР – 15.03.06 ПЗ</i>	Лист 15



Перв. примен.  
Справ. №

Расчет нормативных показателей надежности проводится в соответствии с ГОСТ 24.410-87 Надежность в технике (ССНТ).

### 1.4 Показатели надежности

Под словом «объект» будем понимать не некоторое техническое изделие, а определенные технические (средства «материальные носители»), предназначенные для выполнения заданных функций. Именно эта особенность выполняемых функций и рассматриваемых режимов работы определяет, является объект восстанавливаемым или невосстанавливаемым.

При анализе надежности, особенно при выборе показателей надежности объекта, существенное значение имеет решение, которое должно быть принято при отказе объекта. Если в рассматриваемой ситуации восстановление работоспособности данного объекта в случае его отказа по каким-либо причинам признается нецелесообразным, то такой объект в данной ситуации является невосстанавливаемым. Таким образом, один и тот же объект в зависимости от особенностей или этапов эксплуатации может считаться восстанавливаемым или невосстанавливаемым [3].

Для показателей надежности приводятся две формы представления: вероятностная и статистическая. Вероятностная форма обычно удобнее при априорных аналитических расчетах надежности, статистическая – при экспериментальном исследовании надежности технических объектов [4].



Рисунок 1.6 - Схема представления расчета надежности

Подпись и дата  
Инв. № дубл.  
Взам. инв. №  
Подпись и дата  
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР – 15.03.06 ПЗ	Лист 16

Перв. примен.	<b>1.5 Вероятностное определение</b>			
	<p><i>Показатели для невосстанавливаемых объектов.</i> Вероятность безотказной работы объекта в интервале времени от 0 до <math>t_0</math></p> $P(t_0) = P(0; t_0) = P\{\xi_1 \geq t_0\} = 1 - F_1(t_0), \quad (1.1)$ <p>Вероятность отказа объекта в интервале времени от 0 до <math>t_0</math> определяется как дополнительная к вероятности безотказной работы, т.е.</p> $Q(t_0) = 1 - P(t_0) \quad (1.2)$ <p>Вероятность безотказной работы объекта в интервале времени от <math>t</math> до <math>t+t_0</math></p> $P(t, t+t_0) = P\{\xi_1 \geq t+t_0 \mid \xi_1 > t\} = P(0, t+t_0) / P(0, t) = P(t+t_0) / P(t), \quad (1.3)$ <p>Вероятность отказа объекта в интервале времени от <math>t</math> до <math>t+t_0</math> определяется как дополнительная к соответствующей вероятности, т.е.</p> $Q(t, t+t_0) = 1 - P(t, t+t_0) = \frac{P(t) - P(t+t_0)}{P(t)} \quad (1.5)$ <p>Плотность распределения отказов</p> $f(t) = \frac{d}{dt} F(t) = \frac{d}{dt} Q(t) = -\frac{d}{dt} P(t), \quad (1.6)$ <p>Интенсивность отказов объекта в момент времени <math>t</math>.</p> $\lambda(t) = \frac{l}{1 - F(t)} - \frac{d}{dt} F(t) = \frac{f(t)}{P(t)}, \quad (1.7)$ <p>Средняя наработка объекта до отказа.</p>			
Справ. №				
Подпись и дата				
Инв. № дубл.				
Взам. инв. №				
Подпись и дата				
Инв. № подл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
<i>БР – 15.03.06 ПЗ</i>				Лист
				17



Перв. примен.

$$T_1 = M(\xi_1) = \int_0^{\infty} xf(x)dx = \int_0^{\infty} x dQ(x) = \int_0^{\infty} P(x)dx, \quad (1.7)$$

*Показатели для восстанавливаемых объектов.* Для восстанавливаемых объектов приводятся только дополнительные показатели надежности. Все показатели для невосстанавливаемых объектов также могут быть применены для характеристики восстанавливаемых объектов, повторно они не проводятся.

Средняя наработка между отказами

$$T = T_{\infty} = \lim_{k \rightarrow \infty} M\{T_k\} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k T_j, \quad (1.8)$$

Параметр потока отказов

$$\lambda = 1/T, \quad (1.9)$$

Средняя наработка на отказ

$$T(t_0) = \frac{t_0}{M\{n(t_0)\}}, \quad (1.10)$$

Среднее время восстановления объекта

$$\tau = M\{\eta\} = \int_0^{\infty} tg(t)dt = \int_0^{\infty} t dG(t) = \int_0^{\infty} [1 - G(t)] dt, \quad (1.11)$$

Интенсивность восстановления объекта в момент времени  $t$ , отсчитываемый от момента начала восстановления.

$$\mu(t) = \frac{g(t)}{1 - G(t)}, \quad (1.12)$$

Нестационарный коэффициент оперативной готовности.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

БР – 15.03.06 ПЗ

18

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

$$R(t, t+t_0) = \sum_{k=1}^{\infty} P \left\{ \sum_{i=0}^k (\xi_i + \eta_i) < t < t+t_0 \leq \xi_{k+1} + \sum_{i=0}^k (\xi_i + \eta_i) \right\} =$$

$$= \sum_{k=1}^{\infty} P \{ [t, t+t_0] \in \theta_k \}, \quad (1.13)$$

Стационарный коэффициент оперативной готовности.

$$R(t_0) = \lim_{t \rightarrow \infty} R(t, t+t_0), \quad (1.14)$$

Нестационарный коэффициент готовности объекта.

$$K(t) = \sum_{i=1}^{\infty} P \left\{ \sum_{k=0}^i (\xi_k + \eta_k) < t < \sum_{k=0}^i (\xi_k + \eta_k) + \xi_{i+1} \right\}, \quad (1.15)$$

или

$$K(t) = R(t, t_0 = 0), \quad (1.16)$$

Нестационарный средний коэффициент готовности объекта.

$$K^*(t) = \frac{1}{t} \int_0^t K(x) dx, \quad (1.17)$$

Стационарный коэффициент готовности объекта

$$K = \lim_{t \rightarrow \infty} K(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} K^*(t), \quad (1.18)$$

$$\text{или } K = R(t_0 = 0), \quad (1.19)$$

Нестационарный коэффициент простоя объекта является дополнительным для нестационарного коэффициента готовности, т.е.

$$k(t) = 1 - K(T) \quad (1.20)$$

Коэффициент простоя объекта  $k$  является дополнительным для коэффициента готовности, т.е.

Перв. примен.	$k = 1 - K \quad (1.21)$			
	<h3>1.6 Статистическое определение</h3> <p><i>Показатели для невосстанавливаемых объектов.</i> Вероятность безотказной работы объекта в интервале времени от 0 до <math>t_0</math>.</p>			
Справ. №	$\hat{P}(t_0) = N(t_0) / N(0) = 1 - n(t_0) / N(0), \quad (1.22)$ <p>Вероятность отказа объекта в интервале времени от 0 до <math>t_0</math> определяется как дополнительная к вероятности безотказной работ, т.е.</p>			
	$\hat{Q}(t_0) = 1 - \hat{P}(t_0). \quad (1.23)$ <p>Вероятность безотказной работы объекта в интервале времени от <math>t</math> до <math>t+t_0</math>.</p>			
Подпись и дата	$\hat{P}(t, t+t_0) = N(t+t_0) / N(t), \quad (1.24)$ <p>Вероятность отказа объекта в интервале времени от <math>t</math> до <math>t+t_0</math> определяется как дополнительная к соответствующей вероятности, т.е.</p>			
	$\hat{Q}(t, t+t_0) = 1 - \hat{P}(t, t+t_0). \quad (1.25)$ <p>Плотность распределения отказов.</p>			
Инв. № дубл.	$\hat{f}(t) = \frac{n(t+\Delta t) - n(t)}{N(0)\Delta t} = \frac{N(t+\Delta t) - N(t)}{N(0)\Delta t} = \frac{\Delta n(t, t+\Delta t)}{N(0)\Delta t}, \quad (1.26)$			
Взам. инв. №	<p>Интенсивность отказов объекта в момент времени <math>t</math>.</p>			
Подпись и дата	$\lambda(t) = \frac{n(t+\Delta t) - n(t)}{N(t)\Delta t} = \frac{N(t+\Delta t) - N(t)}{N(t)\Delta t} = \frac{\Delta n(t, t+\Delta t)}{N(t)\Delta t},$ <p>Средняя наработка объекта до отказа.</p>			
	Инв. № подл.			
				Лист
<i>БР – 15.03.06 ПЗ</i>				20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$\hat{T}_1 = \frac{1}{N(0)} \left( \xi_1^{(1)} + \xi_1^{(2)} + \dots + \xi_1^{[N(0)]} \right) = \frac{1}{N(0)} \sum_{i=1}^{N(0)} \xi_1^{(i)} \quad (1.27)$$

Показатели для восстанавливаемых объектов. Средняя наработка между отказами.

$$\hat{T}_k = \frac{1}{N(0)} \sum_{i=1}^{N(0)} \left\{ \theta_k^{(i)} | k > 1 \right\}, \quad (1.28)$$

Параметр потока отказов

$$\hat{\lambda} = 1 / \hat{T}, \quad (1.29)$$

$$\hat{T}(t_0) = \frac{t_0}{n(t_0)} = \frac{1}{n(t_0)} \left[ \sum_{k=1}^{n(t_0)} \hat{T}_k + \zeta \right], \quad (1.30)$$

Среднее время восстановления объекта.

$$\hat{\tau} = \frac{1}{N(0)} \left( \eta^{(1)} + \eta^{(2)} + \dots + \eta^{[N(0)]} \right) = \frac{1}{N(0)} \sum_{i=1}^{N(0)} \eta^{(i)} \quad (1.31)$$

где принято, что  $\eta^{(1)} \leq \eta^{(2)} \leq \dots \leq \eta^{[N(0)]}$ , причем  $\eta^{(0)} = 0$ ;  $\hat{\tau}$  - среднее арифметическое реализаций времени восстановления.

Интенсивность восстановления объекта в момент времени  $t$ , отсчитываемый от момента начала восстановления.

$$\hat{\mu}(t) = \frac{n_B(t + \Delta t) - n_B(t)}{N_B(t) \Delta t} = \frac{N_B(t + \Delta t) - N_B(t)}{N_B(t) \Delta t} = \frac{\Delta n_B(t, t + \Delta t)}{N_B(t) \Delta t}, \quad (1.32)$$

Нестационарный коэффициент оперативной готовности.

$$\hat{R}(t, t + t_0) = \frac{N(0) - n(t, t + t_0)}{N(0)} = \frac{N(t, t + t_0)}{N(0)}, \quad (1.33)$$



Перв. примен.	<p>эксплуатационной надежности и совершенствование системы текущего обслуживания и ремонта. В соответствии с целью поставлены следующие задачи:</p> <p>1) сбор и проведение анализа статистического материала об отказах элементов пассажирских лифтов с помощью системного анализа;</p> <p>2) формирование массива статистических данных для лифтов, полученных в реальных условиях эксплуатации;</p> <p>3) разработка математической модели оценки эксплуатационной надежности элементов лифта, позволяющей оперативно оценивать показатели надежности на основе массива данных;</p> <p>4) определение количественных значений показателей эксплуатационной надежности</p> <p>5) анализ факторов, на основе разработанной модели, влияющих на конечную надежность</p> <p>6) формирование рекомендации по изменению конструкции лифта для повышения надежности</p>				
Справ. №					
	Подпись и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<p style="text-align: center;">БР – 15.03.06 ПЗ</p> <p style="text-align: right;">Лист 23</p>

## 2. Расчет надежности

Расчеты надежности - расчеты, используемые для определения количественных показателей надежности, проводимые на этапах разработки, создания и эксплуатации [5].

С целью прогнозирования ожидаемой надежности системы, на этапе проектирования проводят расчет надежности. Он необходим для решения организационно-технических вопросов и обоснования предполагаемого проекта.

### 2.1 Целевое назначение и классификация методов расчета

На этапе испытаний и эксплуатации надежностные расчеты проводятся для оценки количественных показателей надежности. По результатам расчетов можно увидеть, какой надежностью обладают объекты, используемые в условиях эксплуатации или прошедшие испытания. На основании расчетов даются оценки надежности объекта, определяются его слабые места и влияние на надежность отдельных факторов.

Многочисленные цели расчетов привели к их большому разнообразию. Основные виды расчетов изображены на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Классификация расчетов надежности

Элементный расчет – определение показателей надежности объекта, обусловленных надежностью его комплектующих элементов. Расчет показывает техническое состояние объекта (средняя наработка на отказ, вероятность безотказной работы и т.п.).

Функциональный расчет – определение показателей надежности выполнения заданных функций. Функциональный расчет более сложен, так как такие показатели зависят от многих факторов.

## 2.2 Последовательность расчета систем

На рисунке 2.2 представлена последовательность расчета надежности системы.



Рисунок 2.2– Последовательности расчета надежности системы



На основании задания на расчет надежности делается вывод о характере предстоящих расчетов. В случае расчета элементов осуществляется переход к этапам 3-6-7, в случае функциональной надежности – 4-5-7.

Наглядное представление условий, при которых функционирует или нет исследуемый объект, понимается под структурной схемой. Типовые схемы представлены на рисунке 2.3.

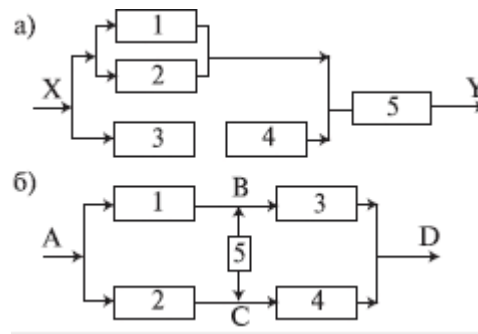


Рисунок 2.3 – Типовые структурные схемы расчета надежности

Параллельно-последовательная структура является простейшей формой структурной схемы. Элементы, совместный отказ которых приводит к отказу объекта, соединяются параллельно. В последовательную цепочку соединяются элементы, отказ любого из которых приводит к отказу всего объекта.

Набор расчетных формул составляется на основе структурной схемы надежности.

### 2.3 Система с последовательным соединением элементов

Последовательное соединение элементов является самым простым случаем в расчетном смысле. Отказ любого элемента этой системы равен отказу системы в целом. Следует пояснить, что «последовательным» такое соединение элементов является только в смысле надежности.



Рисунок 2.4 – Структурная схема системы с последовательным соединением элементов

Условие работоспособности такого объекта можно сформулировать следующим образом: если работоспособен элемент 1 и элемент 2, и элемент 3, и элемент n, то устройство работоспособно.

Через надежность элементов системы выразим надежность самой системы. Имея некоторый промежуток времени  $(0, \tau)$ , в течение которого система должна работать безотказно. Тогда, если надежность системы характеризуется законом надежности  $P(t)$ , нам нужно знать значение этой надежности при  $t = \tau$ , т.е.  $P(\tau)$ . Это не функция, а определенное число. Отбросив аргумент  $\tau$ , обозначим надежность системы просто  $P$ .

Для безотказной работы системы в течение времени  $\tau$  нужно, чтобы безотказно работал каждый ее элемент. Обозначим за  $S$  событие, состоящее в безотказной работе системы за время  $\tau$ .

$$S = s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot \dots \cdot s_n \quad (2.1)$$

Предположим, что элементы  $s_1, s_2, \dots, s_n$  отказывают независимо друг от друга. Тогда для независимых событий, по правилу умножения вероятностей  $P(S) = P(s_1) \cdot P(s_2) \cdot \dots \cdot P(s_n)$ , или в других обозначениях,

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n, \quad (2.2)$$

Вероятность безотказной работы  $P$  рассчитывается по формуле:

$$P = e^{-(\lambda)t}, \quad (2.3)$$

где,  $\lambda$  - интенсивность отказов;  $t$  – интервал времени работы элемента.

Перв. примен.					
Справ. №					
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					27

Перв. примен.	<p>В свою очередь, интенсивность отказов можно рассчитать по формуле:</p> $\lambda = \frac{n(t)}{[N - n(t)] \cdot \Delta t}, \quad (2.4)$ <p>где, <math>N</math>- общее число рассматриваемых элементов( количество запусков); <math>n(t)</math>- число отказавших изделий в интервале времени <math>t - (\Delta t / 2)</math> до <math>t + (\Delta t / 2)</math> ; <math>\Delta t</math> - интервал времени.</p> <p>При экспоненциальном законе распределения времени до отказа, интенсивность отказов системы легко определить из выражения</p> $\lambda_c = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n. \quad (2.5)$ <p>Следовательно, формула для расчета безотказной работы системы принимает вид:</p> $P = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n)t}. \quad (2.6)$ <p>Вероятность отказа в этом случае рассчитывается как</p> $Q = 1 - P. \quad (2.7)$ <p>Среднее время наработки до отказа можно найти по формуле</p> $T_0 = 1 / \lambda_c. \quad (2.8)$ <p><b>2.4 Система с параллельным соединением элементов</b></p> <p>Параллельное соединение элементов представлено на рисунке 2.5. При условии, что все элементы системы находятся под нагрузкой, а отказы элементов статически не зависимы, тогда система переходит в состояние отказа после отказа всех ее элементов.</p>				
	Справ. №				
Подпись и дата					
	Инв. № дубл.				
Подпись и дата					
	Взам. инв. №				
Инв. № подл.					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
БР – 15.03.06 ПЗ					Лист
					28

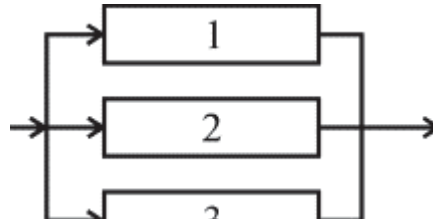


Рисунок 2.5 – Структурная схема системы с параллельным соединением элементов

По правилу умножения вероятностей независимых событий, надежность устройства из  $n$  элементов вычисляется по формуле

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i), \quad (2.9)$$

Вероятность отказа всего соединения

$$Q = Q_1 \cdot Q_2 \cdot \dots \cdot Q_n = \prod_{i=1}^n Q_i, \quad (2.10)$$

где,  $Q_n = 1 - P_n$ .

## 2.5 Расчет надежности элементов конструкции лифта

Рассмотрим общий вид схемы по расчету надежности элементов лифта. Так как узлы лифта являются независимыми друг по отказам и отказ любого из узлов приводит в отказу всей системы, то система принимает вид последовательной схемы.

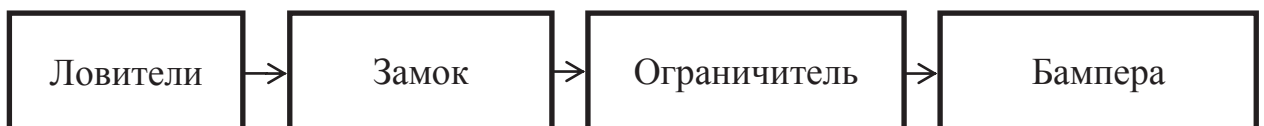


Рисунок 2.6 – Структурная схема узлов лифта

Для расчета общей вероятности безотказной работы лифта, необходимо рассчитать вероятность для каждого узла.

### Расчет надежности ловителей плавного торможения

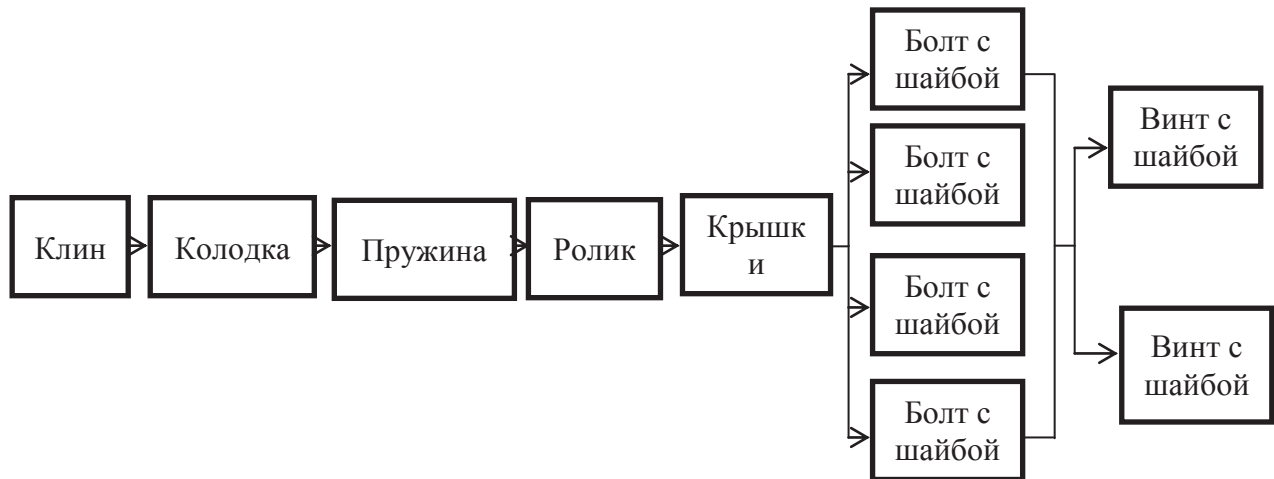


Рисунок 2.7 – Структурная схема ловителей плавного торможения

Данные, полученные после испытаний (n- количество элементов, Δn- число отказавших элементов):

Таблица 2.1 – Данные испытаний деталей ловителей

	Клин	Колодка	Пружина	Ролик	Крышка	Пара болтов	Винт с шайбой
n	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Δn	4	8	10	5	3	15	10

Время испытаний примем равным 3000 часов ( $t = 3000$ ,  $t_0 = 0$ ).

Расчет интенсивности отказов каждого элемента системы

$$\lambda_n = \frac{\Delta n_n}{(n_n - \Delta n_n) \cdot (t - t_0)}$$

$$\lambda_1 = 8.917 \cdot 10^{-7} 1/час \quad \lambda_2 = 1.787 \cdot 10^{-6} 1/час \quad \lambda_3 = 2.237 \cdot 10^{-6} 1/час$$

$$\lambda_4 = 1.115 \cdot 10^{-6} 1/час \quad \lambda_5 = 6.68 \cdot 10^{-7} 1/час \quad \lambda_6 = 1.669 \cdot 10^{-6} 1/час$$

$$\lambda_7 = 2.237 \cdot 10^{-6} 1/час$$

Расчет вероятности безотказной работы каждого элемента системы

$$P_n = e^{-(\lambda_n) \cdot t}$$

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

Перв. примен.

$P_1 = 0.997 \quad P_2 = 0.995 \quad P_3 = 0.993 \quad P_4 = 0.997 \quad P_5 = 0.998 \quad P_6 = 0.995 \quad P_7 = 0.993$   
 Для упрощения дальнейших расчетов, параллельное соединение в схеме сводится к последовательному

$$P_{6ob} = 1 - (1 - P_6)^4 = 1$$

$$P_{7ob} = 1 - (1 - P_7)^2 = 1$$



Рисунок 2.8 – Упрощенная структурная схема ловителей плавного торможения

Найдем общую вероятность безотказной работы полученной системы

$$P = \prod_{i=1}^n P_n = 0.98$$

Среднее время наработки до отказа

$$T_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_n} = 5.603 \cdot 10^4 \text{ ч.}$$

### Расчет надежности замка дверей шахты лифта

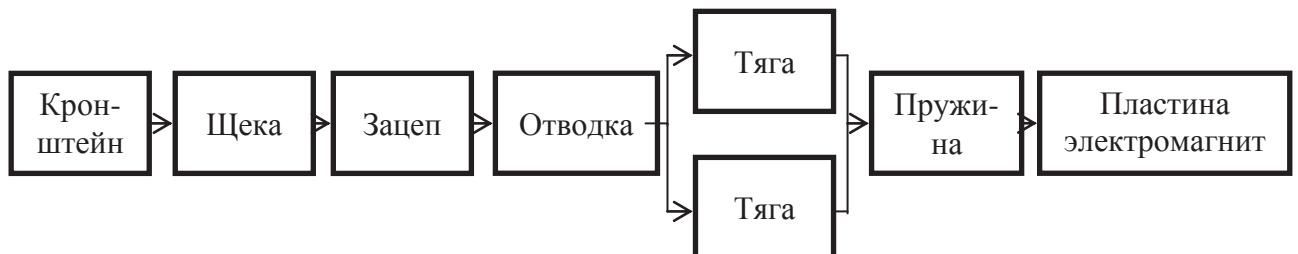


Рисунок 2.9 – Структурная схема замка дверей шахты лифта

Таблица 2.2 – Данные испытаний деталей замка

	Кронштейн	Щека	Зацеп	Отводка	Тяга	Пружина	Пластина Электромагнита
n	1200	1200	1200	1200	2400	1200	1200
Δ n	8	10	7	5	10	9	5

$$\lambda_1 = 2.237 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_2 = 2.801 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_3 = 1.956 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

$$\lambda_4 = 1.395 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_5 = 1.395 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_6 = 2.517 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

$$\lambda_7 = 1.395 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

БР – 15.03.06 ПЗ

31

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

Перв. примен.

$$P_1 = 0.993 \quad P_2 = 0.992 \quad P_3 = 0.994 \quad P_4 = 0.996 \quad P_5 = 0.996 \quad P_6 = 0.992 \quad P_7 = 0.996$$

$$P_{5ob} = 1 - (1 - P_5)^2 = 1$$

$$P = \prod_{i=1}^n P_n = 0.964$$

$$T_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_n} = 4.417 \cdot 10^4 \text{ ч.}$$

### Расчет надежности ограничителя скорости

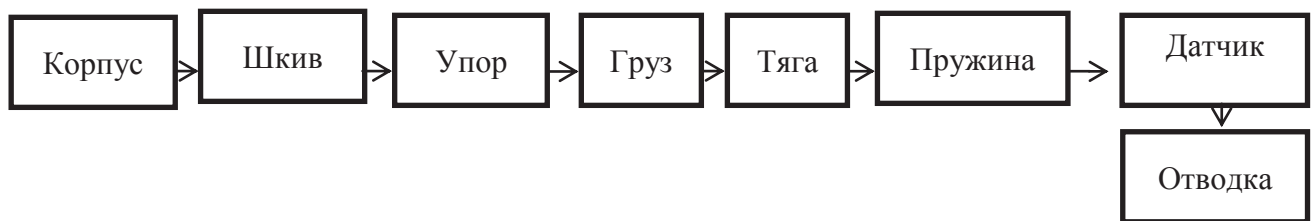


Рисунок 2.10 – Структурная схема ограничителя скорости

Таблица 2.3 – Данные испытаний деталей ограничителя

	Корпус	Шкив	Упор	Груз	Тяга	Пружина	Датчик	Отводка
n	1200	1200	1200	2400	1200	1200	1200	1200
$\Delta n$	8	6	4	10	5	7	9	5

$$\lambda_1 = 2.237 \cdot 10^{-6} / \text{час} \quad \lambda_2 = 1.657 \cdot 10^{-6} / \text{час} \quad \lambda_3 = 1.115 \cdot 10^{-6} / \text{час}$$

$$\lambda_4 = 1.395 \cdot 10^{-6} / \text{час} \quad \lambda_5 = 1.395 \cdot 10^{-6} / \text{час} \quad \lambda_6 = 1.957 \cdot 10^{-6} / \text{час}$$

$$\lambda_7 = 2.519 \cdot 10^{-6} / \text{час} \quad \lambda_8 = 1.395 \cdot 10^{-6} / \text{час}$$

$$P_1 = 0.993 \quad P_2 = 0.995 \quad P_3 = 0.997 \quad P_4 = 0.996 \quad P_5 = 0.996 \quad P_6 = 0.994 \quad P_7 = 0.992$$

$$P_8 = 0.994$$

$$P = \prod_{i=1}^n P_n = 0.96$$

$$T_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_n} = 4.835 \cdot 10^4 \text{ ч.}$$

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

БР – 15.03.06 ПЗ

32

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

Перв. примен.

Справ. №

### Расчет надежности буферов шахты лифта

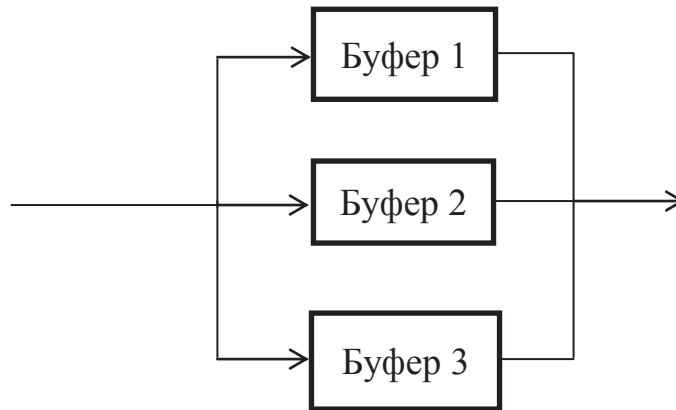


Рисунок 2.11- Структурная схема буферов шахты

Таблица 2.4 – Данные испытаний буферов шахты

	Буфер 1	Буфер 2	Буфер 3
n	1500	1500	1500
$\Delta n$	30	40	50

$$\lambda_1 = 6.803 \cdot 10^{-6} 1/\text{час} \quad \lambda_2 = 9.132 \cdot 10^{-6} 1/\text{час} \quad \lambda_3 = 1.149 \cdot 10^{-6} 1/\text{час}$$

$$P_1 = 0.98 \quad P_2 = 0.973 \quad P_3 = 0.966$$

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_n) = 1$$

$$T_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_n} = 3.646 \cdot 10^4 \text{ ч.}$$

Рассчитав все элементы, можно приступить к расчету безотказной работы всей системы

$$P_{sys} = P_{lov} \cdot P_{zam} \cdot P_{ogr} \cdot P_{Buf}$$

$$P_{sys} = 0.905$$

Аналогично рассчитаем вероятность безотказной работы лифта на весь гарантийный период (25 лет)

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

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



Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Таблица 3.1 – Вероятности безотказной работы за гарантийный период

	Р ловителей	Р Замка	Р ограничителя скорости	Р буферов	Р системы
1 год	0,99	0,99	0,99	1	0,970299
2 год	0,986	0,981	0,988	1	0,955659
3 год	0,982	0,975	0,985	0,99	0,933657
4 год	0,979	0,97	0,982	0,988	0,921346
5 год	0,976	0,961	0,979	0,988	0,90722
6 год	0,972	0,953	0,975	0,987	0,891417
7 год	0,965	0,946	0,97	0,983	0,87045
8 год	0,96	0,935	0,964	0,982	0,849711
9 год	0,954	0,928	0,959	0,979	0,831185
10 год	0,951	0,921	0,954	0,975	0,814691
11 год	0,947	0,916	0,949	0,972	0,800162
12 год	0,942	0,909	0,945	0,969	0,784098
13 год	0,935	0,901	0,94	0,964	0,763381
14 год	0,93	0,892	0,936	0,96	0,745409
15 год	0,924	0,884	0,929	0,957	0,726193
16 год	0,918	0,876	0,922	0,953	0,706595
17 год	0,914	0,87	0,916	0,949	0,691237
18 год	0,908	0,861	0,91	0,945	0,672299
19 год	0,9	0,852	0,905	0,94	0,652317
20 год	0,89	0,844	0,89	0,932	0,623072
21 год	0,876	0,836	0,881	0,924	0,596154
22 год	0,864	0,827	0,873	0,917	0,572009
23 год	0,853	0,82	0,867	0,908	0,55064
24 год	0,845	0,811	0,86	0,9	0,530418
25 год	0,832	0,804	0,852	0,899	0,512364

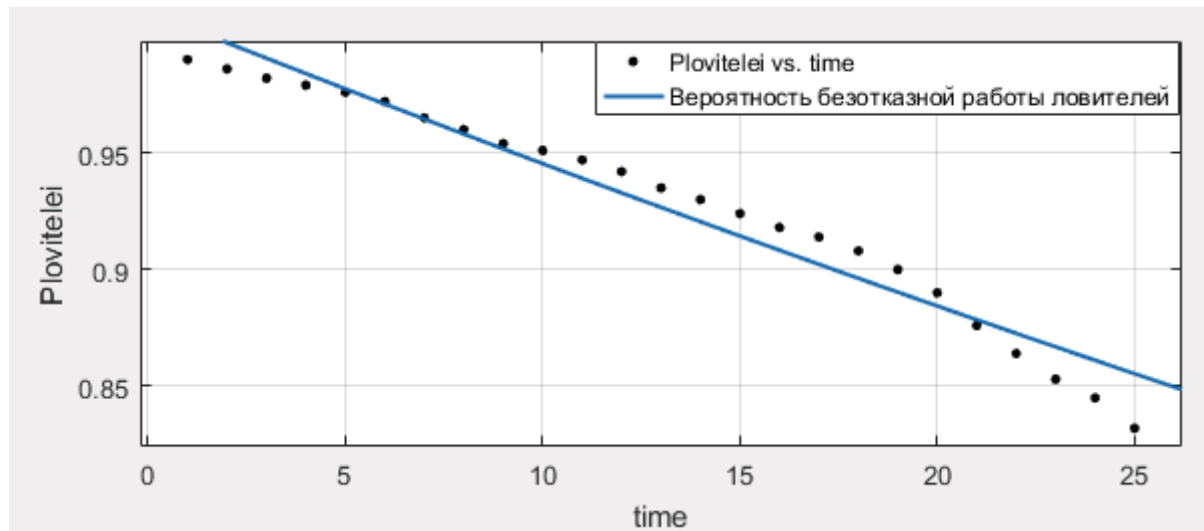


Рисунок 2.12 – Вероятность безотказной работы ловителей плавного торможения

Лист

БР – 15.03.06 ПЗ

34

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

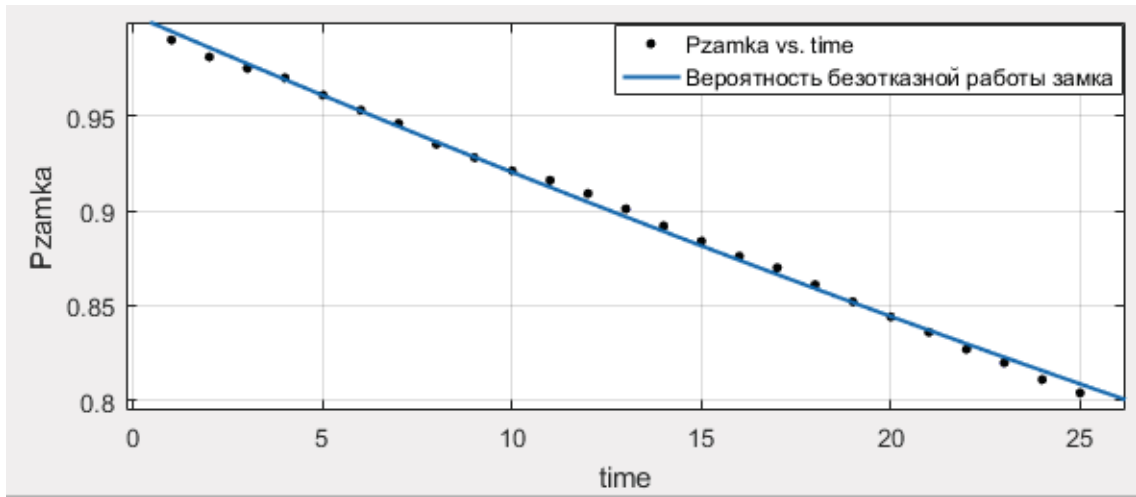


Рисунок 2.13 – Вероятность безотказной работы замка дверей шахты лифта

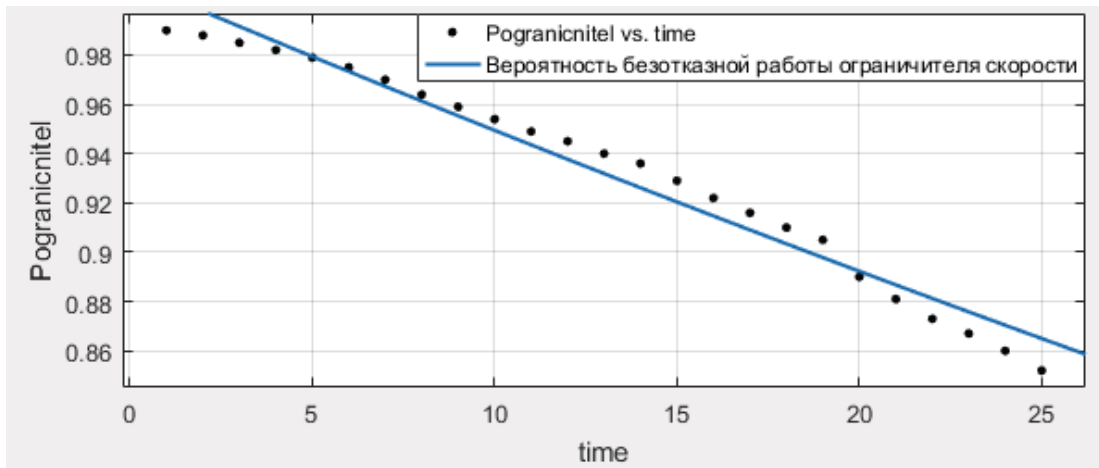


Рисунок 2.14 – График вероятности безотказной работы ограничителя скорости

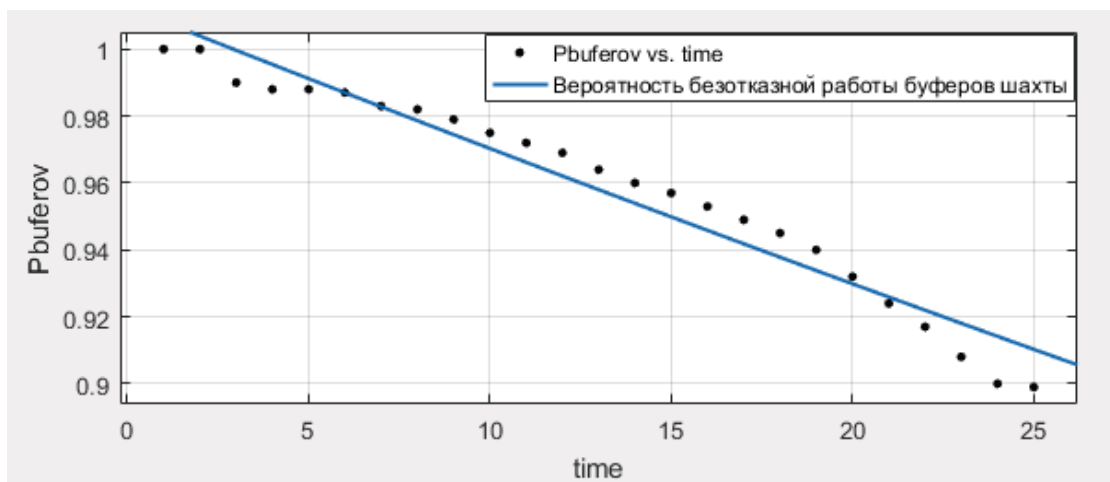


Рисунок 2.15 – График вероятности безотказной работы буферов шахты

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

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

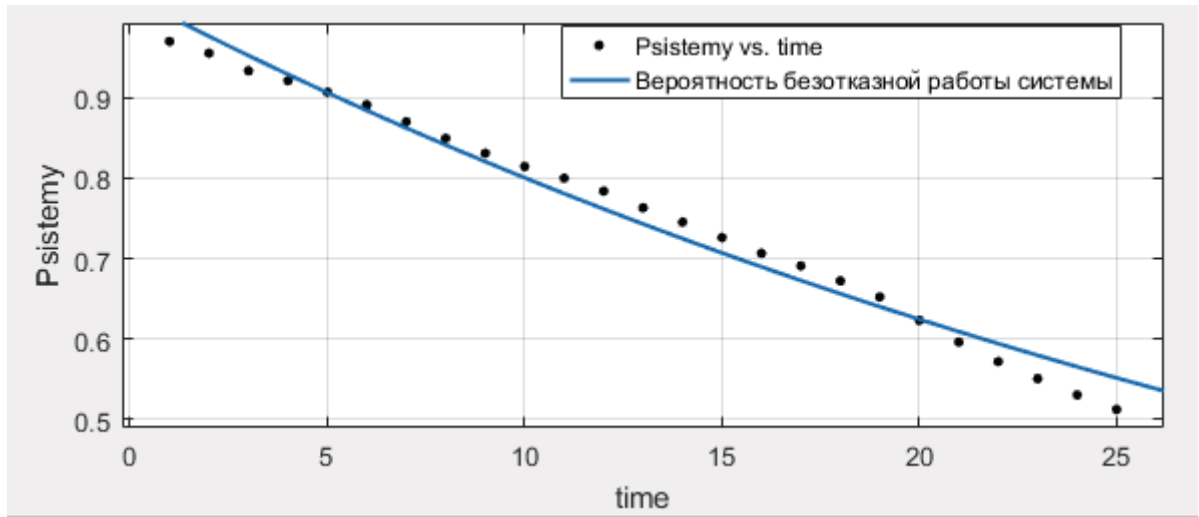


Рисунок 2.16 – График безотказной работы всей системы в целом

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Перв. примен.  
Справа. №

### 3 Прогнозирование надежности элементов лифта с помощью искусственной нейронной сети

Для оперативной оценки и прогнозирования отказов узлов лифта, в качестве математической модели была выбрана искусственная нейронная сеть. Обладая необходимым быстродействием и точностью, при грамотном обучении нейронная сеть является наилучшим выбором в данном случае.

#### 3.1 Нейронные сети

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – это математическая модель, а также ее программные или аппаратные реализации, построенная в некотором смысле по образу и подобию сетей нервных клеток живого организма. Нейронная сеть может представлять собой с точки зрения машинного обучения метод распознавания образов, дискриминантного анализа, а также являться с точки зрения математики методом решения многопараметрической задачи оптимизации.

Работа сети заключается в вычислении выходов сети на основе известных входов с целью формирования желаемого отображения [6].

Элементарной ячейкой нейронной сети является нейрон.

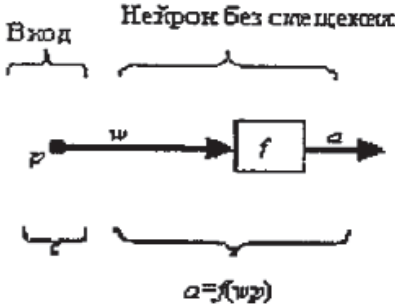


Рисунок 3.1 – Структура нейрона с одним скалярным входом, выраженная формулой  $a=f(wp)$

Скалярный входной сигнал  $p$  умножается на скалярный весовой коэффициент  $w$ , и результирующий взвешенный вход является аргументом

Подпись и дата  
Име. № дубл.  
Взам. инв. №  
Подпись и дата  
Име. № подл.

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

Перв. примен.	<p>функции активации нейрона <math>f</math> (передаточная функция, представленная линейной или нелинейной функцией), которая порождает скалярный выход <math>a</math>.</p> <p>Структура, характеризуемая матрицей весов <math>W</math> и функцией активации <math>f</math>, называется слоем сети. То есть, слой не характеризуется числом нейронов в нем, а вектором весов, поступающих на вход нейрона.</p> <p>В зависимости от числа слоев, реальная ИНС может характеризоваться как однослойная или многослойная.</p> <p>В однослойной сети (рисунок 3.2) каждый элемент вектора входа соединен со всеми входами нейрона, и такое соединение задается матрицей весов, при этом каждый <math>i</math>-й нейрон включает суммирующий элемент, который формирует скалярный выход <math>n(i)</math>. Описание слоя нейронов имеет вид:</p> $a=f(W \cdot p+b) \tag{3.1}$ <p>где <math>b</math> – это смещение аргумента функции активации.</p> <p>Многослойная ИНС является наиболее мощной по структуре (рисунок 3.3). Основная особенность такой сети заключается в том, что сигнал с выхода <math>i</math>-ого слоя <math>a(i)</math> является функцией активации <math>f(i+1)</math> для <math>i+1</math> слоя. В этом случае каждый слой обладает своим и собственными матрицами весов, выходами и смещениями.</p> <p>В многослойной сети у каждого слоя есть своя функция. Слой на входе, образующий входной сигнал, называется слоем входа и слой, на выходе, образующий выходной сигнал, слоем выхода соответственно. Другие слои называются скрытыми. Согласно информации поступающей на вход и задаче, поставленной перед сетью, подбирается число слоев. От числа нейронов в каждом скрытом слое будет зависеть мощность сети.</p> <p>Нейронные сети выделяются на фоне классических методов за счет ряда особенностей и преимуществ, одним из которых является их обучаемость</p>				
Справа. №					
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					<p style="text-align: right;">Лист</p> <p style="text-align: center;"><i>БР – 15.03.06 ПЗ</i></p> <p style="text-align: right;">38</p>
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Обучение сети представляется собой процесс, при котором сеть при наличии множества входов дает желаемое множество выходов. Каждое такое входное (или выходное) множество рассматривается как вектор. Процесс обучения требует набора примеров ее желаемого поведения. Во время этого процесса веса и смещения настраиваются так, чтобы минимизировать некоторые функционал ошибки. Большинство методов обучения основано на вычисления градиента функционала ошибки по настраиваемым параметрам. Для однослойных сетей градиент-функционал вычисляется наиболее просто.

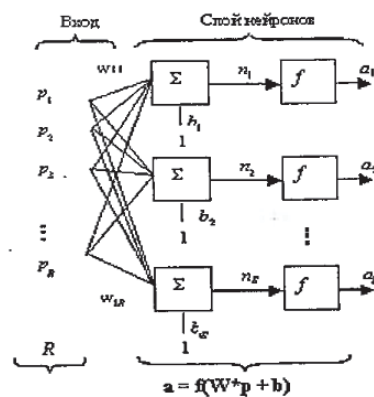


Рисунок 3.2– Структура однослойной ИНС

Обучение может происходить как самостоятельно, так и с помощью учителя. Обучение с учителем предполагает, что для каждого входного вектора существует целевой вектор, представляющий собой требуемый выход. Вместе они называются обучающей парой. Векторы обучающего множества предъявляются последовательно, вычисляются ошибки и веса подстраиваются для каждого вектора до тех пор, пока ошибка по всему обучающему массиву не достигнет приемлемо низкого уровня.



Перв. примен.	<p>где <math>J</math> – функционал, <math>Q</math> – объем выборки, <math>M</math> – число слоев сети, <math>q</math> – номер выборки, <math>S^M</math> – число нейронов выходного слоя, <math>a^{qM}_i</math> – вектор сигнала на выходе сети, <math>t^q_i</math> – вектор целевых значений сигнала на выходе.</p>				
Справ. №	<p><b>3.2 Обучение многослойной сети</b></p> <p>Алгоритм обучения многослойной ИНС делится на:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) выбор конфигурации начальных условия сети;</li> <li>2) проведение ряда экспериментов с различными конфигурациями сети и выбор такого набора параметров, при котором значение функционала ошибки минимально;</li> <li>3) если качество обучение считается неудовлетворительным, то число нейронов в слоях или само количество слоев увеличивается;</li> <li>4) если зафиксировано явление переобучения, то число нейронов в слоях или само количество слоев уменьшается.</li> </ol> <p><i>Алгоритм Левенберга-Марквардта.</i> Данный алгоритм предназначен для оптимизации нелинейных моделей. В качестве критерия оптимизация используется среднеквадратическая ошибка на обучающей выборке. Алгоритм заключается в последовательном приближении заданных начальных значений параметров к искомому локальному оптимуму [7].</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Задается вектор весовых коэффициентов <math>w</math>.</li> <li>2. На каждой новой итерации вектор <math>w</math> изменяется следующим образом:</li> </ol> $w = w + \Delta w. \tag{3.3}$ <p>Для оценки приращения используется приближение функции в линейной форме:</p> $f(w + \Delta w, x) \approx f(w, x) + I \Delta w, \tag{3.4}$ <p>где <math>I</math> якобиан 1 функции <math>f(w_n, x_n)</math> в точке <math>w</math>:</p>				
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					<p style="text-align: right;">БР – 15.03.06 ПЗ</p> <p style="text-align: right;">Лист 41</p>
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Перв. примен.	$I = \begin{bmatrix} \frac{\partial f(w, x_1)}{\partial w_1} & \dots & \frac{\partial f(w, x_1)}{\partial w_R} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f(w, x_N)}{\partial w_1} & \dots & \frac{\partial f(w, x_N)}{\partial w_R} \end{bmatrix}. \quad (3.5)$				
Справа. №	<p>Приращение должно достигнуть нуля в точке <math>w</math>, достигнув минимума функции ошибки. Таким образом, нужно решить систему линейных уравнений:</p> $\Delta w = (I^T I)^{-1} I^T (t - a). \quad (3.6)$ <p>3. Вводится параметр регулирования <math>\lambda</math>. На каждой итерации назначается новое значение этого параметра.</p> <p>4. Остановка алгоритма происходит в том случае, если приращение в последующей итерации меньше заданного значения, либо если вектор весовых коэффициентов удовлетворяет функции ошибки, будучи меньше заданной величины.</p> <p><i>Алгоритм градиентного обучения.</i> К алгоритмам градиентного обучения относятся различные методы градиентного спуска. Суть метода заключается в поиске точки весов наискорейшего возрастания градиента функции ошибки. Схема обучения будет иметь следующий вид:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) назначаются веса для каждого случая;</li> <li>2) вычисляется функционал ошибки обучения;</li> <li>3) если результат удовлетворительный, то происходит выход из цикла;</li> <li>4) вычисляется значение градиента ошибки;</li> <li>5) вычисляется приращение градиента:</li> </ol> $\Delta w = \eta \text{grad}(E), \quad (3.7)$ <ol style="list-style-type: none"> <li>б) корректируется значение весов:</li> </ol>				
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист 42

Перв. примен.	$w = w - \Delta w, \tag{3.8}$			
	<p>7) переход к п.2</p> <p><i>Алгоритм сопряженных градиентов.</i> Особенность этого метода - специальный выбор направление изменения параметров. Оно выбирается таким образом, что бы было ортогональным к предыдущим направлениям [8].</p>			
Справ. №	$\Delta w = \eta(p + \rho w) + \mu \Delta w, \tag{3.9}$			
	<p>где <math>\eta</math> – коэффициент скорости обучения, <math>p</math> – направление изменения параметров, <math>\rho</math> – коэффициент регуляризации, <math>\mu</math> – коэффициент момент.</p> <p>Направление изменения параметров выбирается следующим образом:</p>			
	$p = grad(E) \cdot \beta p, \tag{3.10}$			
	<p>где <math>\beta</math> – коэффициент сопряжения. Для определения коэффициента используют одну из приведенных ниже формул:</p>			
Подпись и дата	$\beta = \frac{g_t^T g_t}{g_{t-1}^T g_{t-1}}, \tag{3.11}$			
	$\beta = \frac{g_t^T (g_t - g_{t-1})}{g_{t-1}^T g_{t-1}},$			
Инв. № дубл.	<p>где <math>g</math> – это градиент ошибки обучения.</p> <p>Для решения сложны задач с изменением множества параметров используется <i>метод обратного распространения ошибки</i>. Метода заключается в том, что для оптимизации стратегии обучения ведется расчет производных функционала ошибки по параметрам сети</p>			
	<p>Рассчитаем градиент функционала качества по весовым коэффициентам для выходного слоя:</p>			
Взам. инв. №				
Подпись и дата				
Инв. № подл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
БР – 15.03.06 ПЗ				Лист
				43

$$\frac{\partial J}{\partial w_{ij}^M} = \frac{\partial}{\partial w_{ij}^M} \left( \frac{1}{2} \sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^{S^M} (t_k^q - a_k^{qM}) \right) = - \sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^{S^M} (t_k^q - a_k^{qM}) \frac{\partial a_k^{qM}}{\partial w_{ij}^M} \quad (3.12)$$

$$i = \overline{1, S^M}; \quad j = \overline{0, S^{M-1}},$$

где  $S^M$  – число нейронов в слое,  $a_k^{qM}$  –  $k$ -ый элемент вектора выхода слоя  $M$  для элемента выборки с номером  $q$ .

Для слоя  $M$  правило функционирования имеет вид:

$$a_k^{qM} = f_M \left( \sum_{l=0}^{S^{M-1}} w_{kl}^M a_l^{q(M-1)} \right), \quad m = \overline{1, S^M}. \quad (3.13)$$

Линейные сети могут быть обучены путем решения системы линейных уравнений:

$$\sum_{j=0}^R w_{ij} p_j^q = t_i^q, \quad i = \overline{1, S}, \quad q = \overline{1, Q} \quad (3.14)$$

Из уравнения (3.4) следует, что:

$$\frac{\partial a_k^{qM}}{\partial w_{ij}^M} = \begin{cases} 0, & k \neq i \\ f'(n_i^{qM}) a_j^{q(M-1)}, & k = i \end{cases} \quad (3.15)$$

$$i = \overline{1, S^M}, \quad j = \overline{0, S^{M-1}},$$

Подставляя (3.5) в (3.7):

$$\frac{\partial J}{\partial w_{ij}^M} = - \sum_{q=1}^Q (t_i^q - a_i^{qM}) f'_k(n_i^{qM}) a_j^{q(M-1)}. \quad (3.16)$$

Если обозначить

$$\Delta_i^{qM} = (t_i^{qM} - a_i^{qM}) f'_M(n_i^{qM}), \quad i = \overline{1, S^M}, \quad (3.17)$$

то получим

$$\frac{\partial J}{\partial w_{ij}^m} = - \sum \Delta_i^{qM} a_j^{q(M-1)}, \quad i = \overline{1, S^M}, \quad j = \overline{0, S^{M-1}}. \quad (3.18)$$

Перейдем к выводу соотношений для настройки весов слоя  $M-1$

$$\begin{aligned} \frac{\partial J}{\partial w_{ij}^{M-1}} &= -\sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^{S^M} (t_k^q - a_k^{qM}) f'_m(n_k^{qM}) \frac{\partial n_k^{qM}}{\partial a_i^{q(M-1)}} \frac{\partial a_k^{q(M-1)}}{\partial w_{ij}^{M-1}} a_i^{q(M-1)} = \\ &= -\sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^{S^M} (t_k^q - a_k^{qM}) f'_m(n_k^{qM}) \partial w_{ki}^M \frac{\partial n_k^{qM}}{\partial a_i^{q(M-1)}} f'_{M-1}(n_i^{q(M-1)}) a_j^{q(M-2)} = \\ &= -\sum \Delta_i^{q(M-1)} a_j^{q(M-2)}, \end{aligned} \quad (3.19)$$

Для последующих слоев вычисление частных производных функционала по элементам матриц весовых коэффициентов выполняется аналогично. В итоге получаем:

$$\frac{\partial J}{\partial w_{ij}^r} = -\sum_{q=1}^Q \Delta_i^{q(r-1)} a_j^{q(r-1)}, \quad r = \overline{1, M}, \quad i = \overline{1, S^r}, \quad j = \overline{0, S^{r-1}}, \quad (3.20)$$

,где

$$\begin{aligned} \Delta_i^{qr} &= \left( \sum_{k=1}^{S^{r+1}} \Delta_k^{q(r+1)} w_{ki}^{r+1} \right) f'_r(n_i^{qr}), \quad r = \overline{1, M-1}, \\ \Delta_i^{qM} &= (t_i^q - a_i^{qM}) f'_M(n_i^{qM}), \quad i = \overline{1, S^M}. \end{aligned} \quad (3.21)$$

На рисунке 3.4 представлена схема обучения:

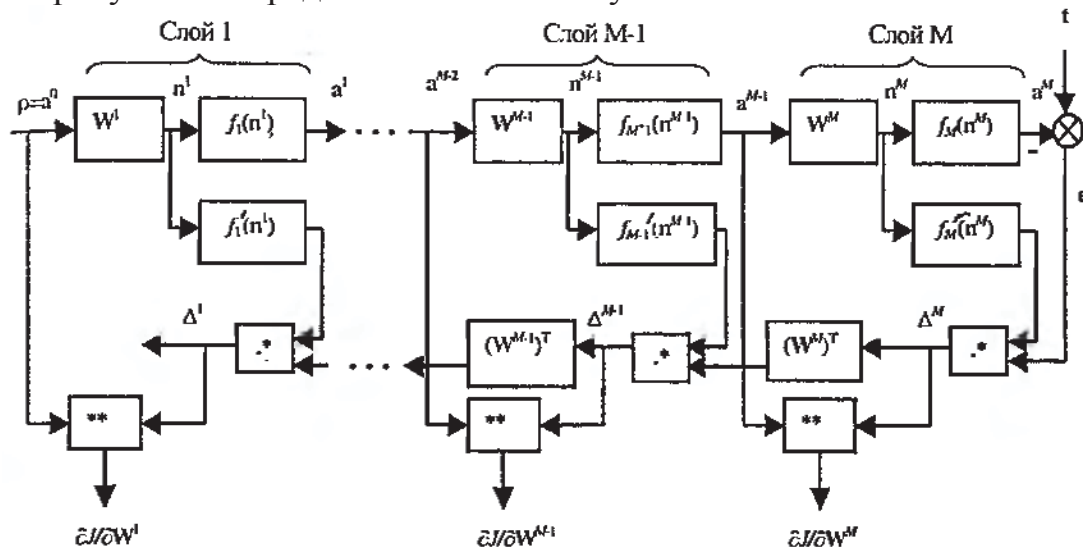


Рисунок 3.4 – Обучение многослойной ИНС с помощью метода распространения ошибки

### 3.3 Разработка нейронной сети для прогнозирования вероятности отказов системы лифта

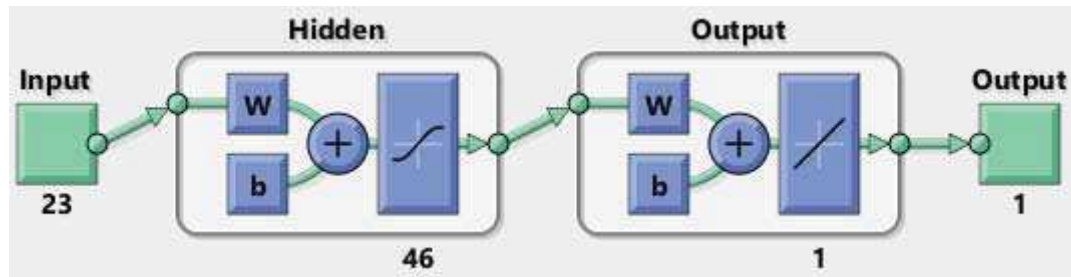


Рисунок 3.5 – Общий вид нейронной сети

На вход нейронной сети подаются значения интенсивности отказов каждой детали узла лифта. На выходе ожидается вероятность безотказной работы всей системы в целом.

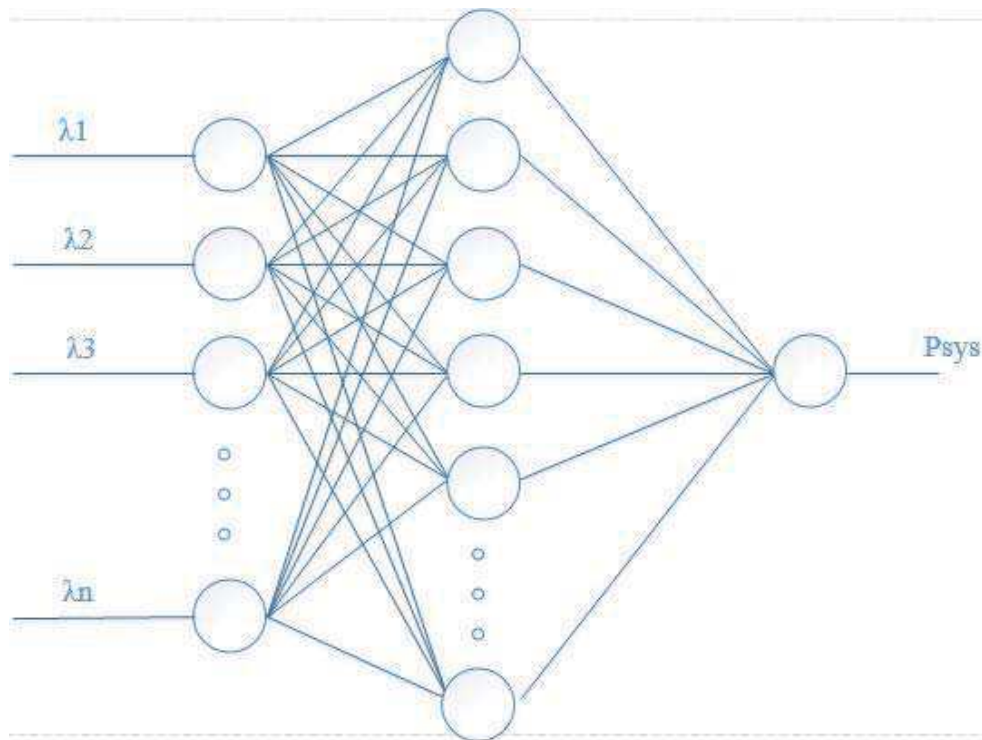


Рисунок 3.6 – Структурная схема нейронной сети

Интенсивность отказов ловителей:

$$\lambda_1 = 8.917 \cdot 10^{-7} \text{ 1/час} \quad \lambda_2 = 1.787 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_3 = 2.237 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

Перв. примен.

$$\lambda_4 = 1.115 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_5 = 6.68 \cdot 10^{-7} \text{ 1/час} \quad \lambda_6 = 1.669 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

$$\lambda_7 = 2.237 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

Интенсивность отказов замка:

$$\lambda_1 = 2.237 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_2 = 2.801 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_3 = 1.956 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

$$\lambda_4 = 1.395 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_5 = 1.395 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_6 = 2.517 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

$$\lambda_7 = 1.395 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

Интенсивность отказов ограничителя скорости:

$$\lambda_1 = 2.237 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_2 = 1.657 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_3 = 1.115 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

$$\lambda_4 = 1.395 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_5 = 1.395 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_6 = 1.957 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

$$\lambda_7 = 2.519 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_8 = 1.395 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

Интенсивность отказов буферов:

$$\lambda_1 = 6.803 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_2 = 9.132 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час} \quad \lambda_3 = 1.149 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

Желаемая вероятность безотказной работы системы равна 0.905

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

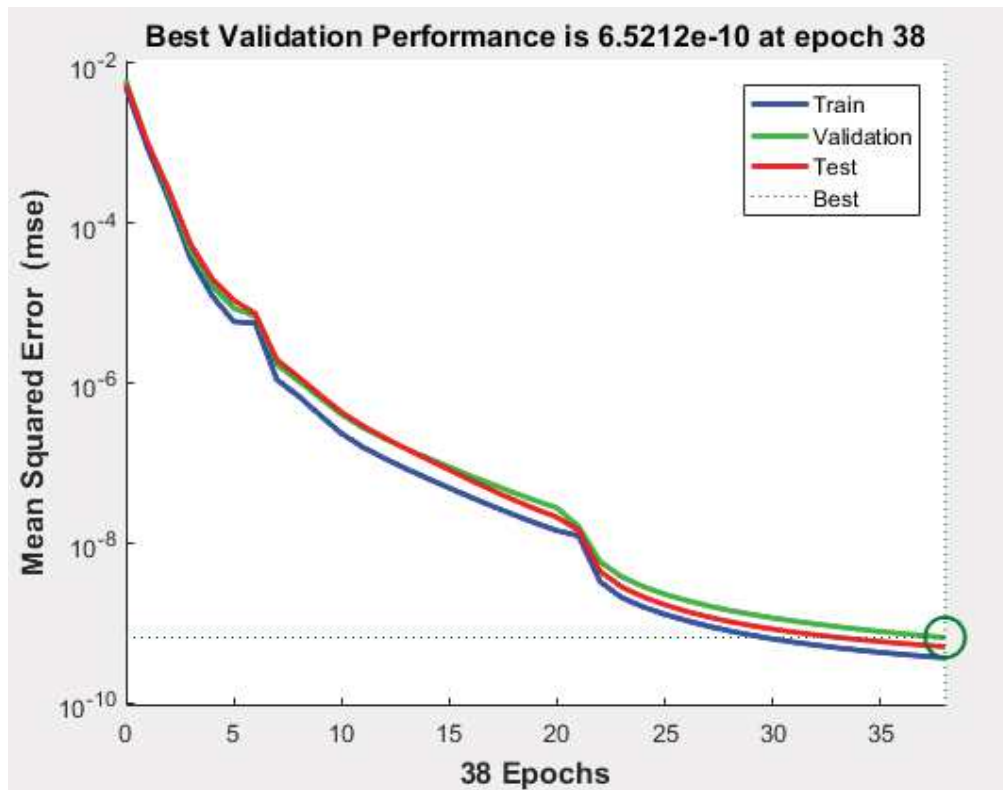


Рисунок 3.7 - График процесса обучения нейронной сети

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

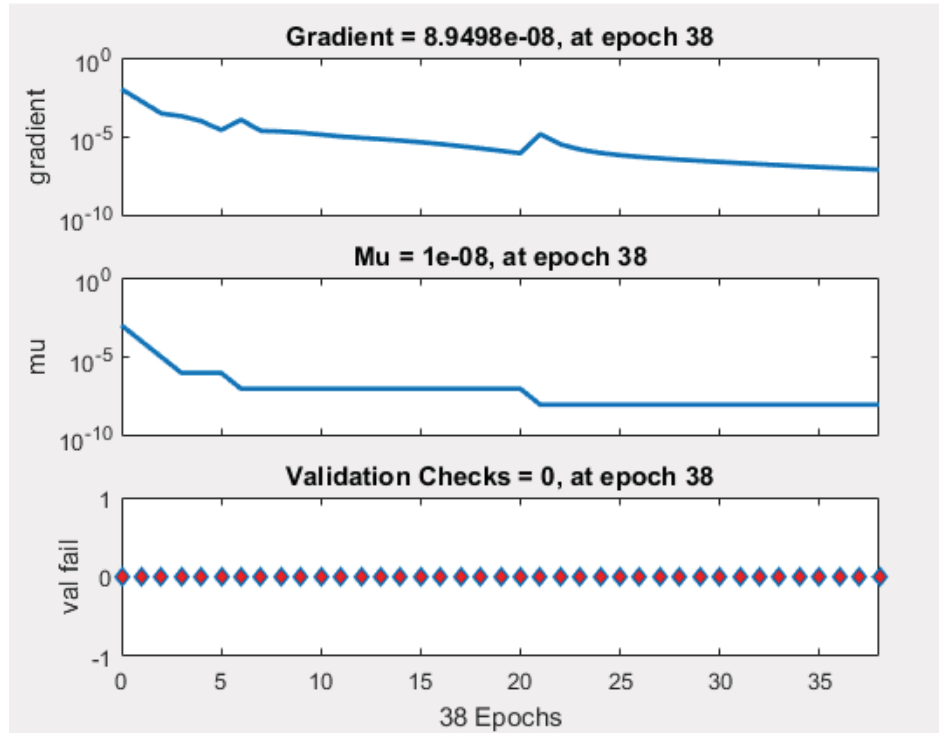


Рисунок 3.8 – Этапы обучения

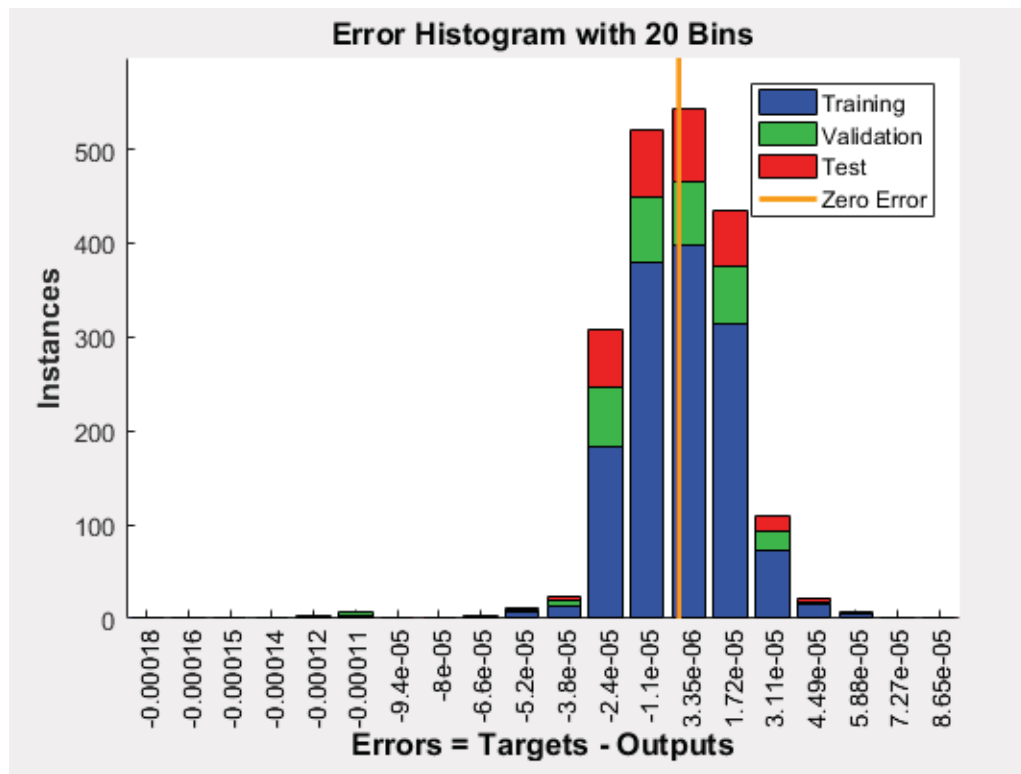


Рисунок 3.9 – Гистограмма ошибок

Перв. примен.

Справа. №

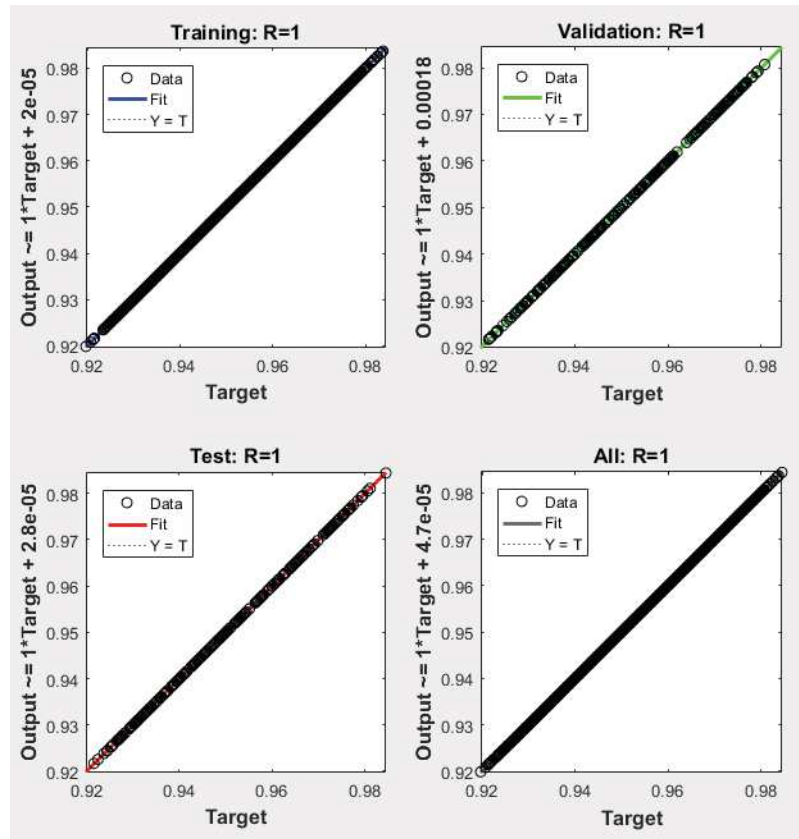


Рисунок 3.10 – Регрессия

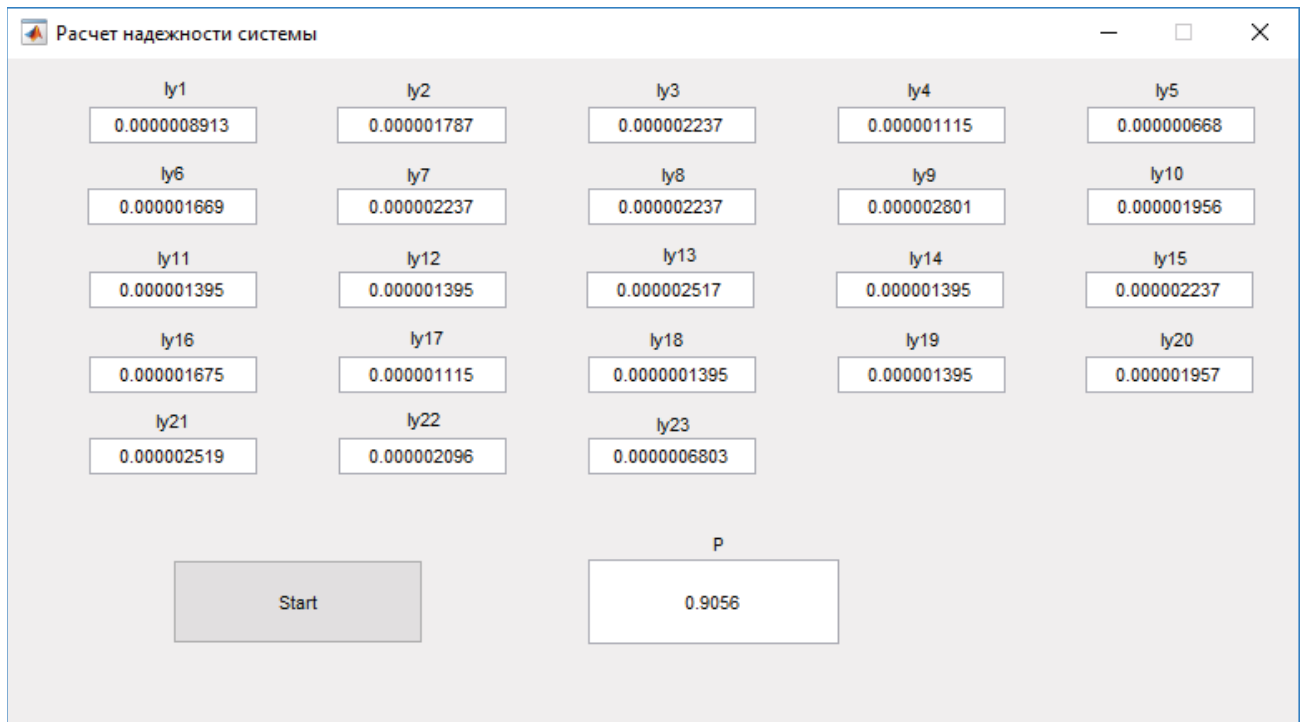


Рисунок 3.11 – Результат работы нейронной сети

Изн. № подл.

Подпись и дата

Взам. инв. №

Изн. № дубл.

Подпись и дата

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



Перв. примен.

Сравнивая полученный результат с желаемым, можно сделать вывод, что нейронная сеть работает корректно, так как погрешность составляет 0,0006.

Далее увеличим (уменьшим) надежность основных элементов узлов в два раза, чтобы узнать, как изменится надежность всей системы.

Справ. №

Таблица 3.1 – Вероятность безотказной работы системы при увеличении (уменьшении) интенсивности отказов элемента узла «ловители клиновые»

	Р после увеличения	Р после уменьшения
Клин	0.92597	0.87987
Колодка	0.90727	0.90233
Пружина	0.90782	0.90125
Ролик	0.90678	0.90326
Крышка	0.90629	0.90421
Пара болтов	0.90563	0.90558
Винт	0.90571	0.90549

Подпись и дата

Таблица 3.2 – Вероятность безотказной работы системы при увеличении (уменьшении) интенсивности отказов элемента узла «замок двери шахты лифта»

	Р после увеличения	Р после уменьшения
Кронштейн	0.90567	0.90549
Щека	0.90602	0.90539
Зацеп	0.91569	0.88546
Отводка	0.90561	0.90555
Тяга	0.9056	0.9056
Пружина	0.90561	0.90532
Пластина электромагнита	0.90563	0.90544

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

БР – 15.03.06 ПЗ

50

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

Перв. примен.	Таблица 3.3 – Вероятность безотказной работы системы при увеличении (уменьшении) интенсивности отказов элемента узла «ограничитель скорости»			
		Р после увеличения	Р после уменьшения	
	Корпус	0.9056	0.9055	
	Шкив	0.90561	0.90546	
	Упор	0.90562	0.90558	
	Справ. №	Груз	0.9056	0.9056
		Тяга	0.90561	0.90579
		Пружина	0.90565	0.90556
		Датчик	0.92562	0.87541
		Отводка	0.9056	0.90545

Из полученных данных видно, что в узле «ловители плавного торможения» основным элементом является «клин»; в узле «замок дверей шахты лифта» основным элементов является «зацеп»; в узле «ограничитель скорости» основным элементом является «датчик». Замена этих элементов на более надежные приведет к увеличению надежности всей системы в целом.

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата	<i>БР – 15.03.06 ПЗ</i>	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Перв. примен.

Таблица 4.1 – Стоимость основного оборудования

Наименование	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Ноутбук HP	1	40000

Таблица 4.2 – Стоимость программного обеспечения

Наименование-	Стоимость, руб.
Microsoft Windows 8.1 home	3000
Microsoft Office 2016	3880
PTC Mathcad 2016	40828
<b>Общая стоимость</b>	<b>47708</b>

Справ. №

Таблица 4.3 – Стоимость деталей для ремонта

Наименование	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Замок ДШ OTIS	1	3865
Ограничитель скорости OTIS, 1.6м/с	1	46019
Буфер KONE BSI-LB-516957	2	85476
Ловитель Клиновой №1	2	19110
<b>Общая стоимость</b>		<b>154470</b>

Общая стоимость затрат на приобретение оборудования и программного обеспечения равна:

$$S_3 = 40000 + 47708 = 87708 \text{ руб.}$$

#### 4.2 Затраты на заработную плату

С 1 декабря 2008 года в Российской Федерации повсеместно Единая Тарифная Сетка отменена. Во всех организациях бюджетной сферы РФ зарплата выплачивается по НСОТ. Оценка уровня квалификации персонала производится по правилам отраслевых систем сертификации.

Основным принципом новой системы оплаты труда (НСОТ) является разделение заработной платы работника на две части - на гарантированную часть, которая выплачивается работнику за исполнение должностных обязанностей, и на стимулирующую часть, размер которой зависит от того,

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

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

БР – 15.03.06 ПЗ

Лист

53

Перв. примен.	<p>насколько качественно, эффективно и результативно работал сотрудник. Размер стимулирующих выплат не ограничен.</p> <p>В период разработки ПО оклад ведущего инженера составил 26000 рублей в месяц.</p> $S_{окл} = 23500 \text{ руб.}$ <p>Тарифная заработная плата (оклад) инженера дипломного проекта без районного и территориального коэффициента составила:</p> $S_{ОСН}^{ИТР} = S_{3/П}^{МЕС} \cdot n = 23500 \cdot 3 = 70500 \text{ руб.}, \quad (4.2)$ <p>где <math>n = 3</math> – количество месяцев работы по 21 рабочему дню в каждом.</p> <p>Выплата районного коэффициента 30% рассчитывается по формуле</p> $S_{РАЙ.К.}^{ИТР} = S_{ОСН}^{ИТР} \cdot k_{Р.К.}, \quad (4.3)$ $S_{РАЙ.К.}^{ИТР} = 70500 \cdot 0.3 = 21150 \text{ руб.}$ <p>Выплата северного коэффициента 30% рассчитывается по формуле</p> $S_{СЕВ.К.}^{ИТР} = S_{ОСН}^{ИТР} \cdot k_{С.К.}, \quad (4.5)$ $S_{СЕВ.К.}^{ИТР} = 70500 \cdot 0.3 = 21150 \text{ руб.}$ <p>Общая заработная плата инженера дипломного с учетом районного и территориального коэффициента составила:</p> $S_{ОБЩ}^{ИТР} = S_{ОСН}^{МЕС} + S_{РАЙ.К.}^{ИТР} + S_{СЕВ.К.}^{ИТР} = 70500 + 21150 \cdot 2 = 112800 \text{ руб.} \quad (4.6)$ <p>Дополнительная заработная плата составляет 20% от основной:</p> $S_{ДОП.}^{ИТР} = S_{ОБЩ}^{ИТР} \cdot 0,2, \quad (4.7)$				
Справ. №					
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					<p style="text-align: right;">БР – 15.03.06 ПЗ</p> <p style="text-align: right;">Лист 54</p>
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Перв. примен.	<p>где <math>P_{ПК}</math> – мощность, потребляемая ноутбуком;  <math>P_{л}</math> – мощность, потребляемая лампой дневного света;  <math>n</math> – количество ламп дневного света;  <math>T_{эл.}</math> - тариф на электроэнергию;  <math>Nч</math> - часов рабочий день.</p>			
Справ. №	$S_{эл.д.} = (0.065 + 0.04 \cdot 10) \cdot 8 \cdot 2.26 = 8.4072 \text{ руб.} \quad (4.12)$ <p>Расходы на электроэнергию, затраченную на разработку:</p> $S_{эл.} = S_{эл.д.} \cdot N, \quad (4.13)$ <p>где <math>N</math> – количество дней:</p> $S_{эл.} = 8,59 \cdot 63 = 529.65 \text{ руб.}$			
	<p><b>4.4 Затраты на амортизацию оборудования</b></p> <p>При разработке программ использовался ноутбук, следовательно, затраты на амортизацию найдем по следующей формуле:</p>			
Подпись и дата	$Z_A = Z_{AK} \quad (4.14)$ <p>где <math>Z_{AK}</math> - затраты на амортизацию ноутбука;</p> <p>Определим затраты на амортизацию компьютера по формуле:</p>			
Инв. № дубл.	$Z_A = \frac{C_K \cdot n_m}{n_l \cdot 12}, \quad (4.15)$			
Взам. инв. №	<p>где <math>C_K</math> - первоначальная стоимость оборудования, руб., <math>n_m</math> - время использования, мес., <math>n_l</math> - срок службы, лет.</p>			
Подпись и дата	$Z_{AK} = \frac{40000 \cdot 3}{4 \cdot 12} = 2500 \text{ руб.}$			
Инв. № подл.				<p style="text-align: right;"><i>БР – 15.03.06 ПЗ</i></p>
	Изм.	Лист	№ докум.	<p style="text-align: right;">Лист 56</p>
			Подпись	Дата

Перв. примен.

#### 4.5 Затраты на аренду помещения

Расходы на аренду помещения за время разработки системы составили:

$$Z_{АП} = Z_A \cdot П \cdot T_p, \quad (4.16)$$

где  $Z_A$  – стоимость аренды 1  $m^2$  площади, руб.;  $П$  – площадь помещения,  $m^2$ ;  
 $T_p$  – продолжительность этапа разработки, мес.

$$Z_{АП} = 1000 \cdot 12 \cdot 3 = 36000 \text{ руб.}$$

Справ. №

#### 4.6 Расчёт сметы затрат на замену деталей лифта

Все затраты, связанные с расходами на проектирование и программирование системы управления, приведены в таблице 5.4 и показаны на рисунке 5.1 с помощью диаграммы.

Таблица 5.4 – Затраты на проектирование

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.
Затраты на основное оборудование	87708
Затраты на детали лифта	154470
Основная заработная плата ведущего инженера	112800
Дополнительная заработная плата ведущего инженера	22560
Отчисления на социальные нужды	40878,72
Затраты на электроэнергию	529,65
Затраты на амортизацию оборудования	5700,1
Расходы на аренду помещения	36000
Итого	460646,47

Из таблицы и диаграммы видно, что на стоимость ремонта одного лифта можно получить полноценную систему прогнозирования надежности.

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Перв. примен.

Справ. №

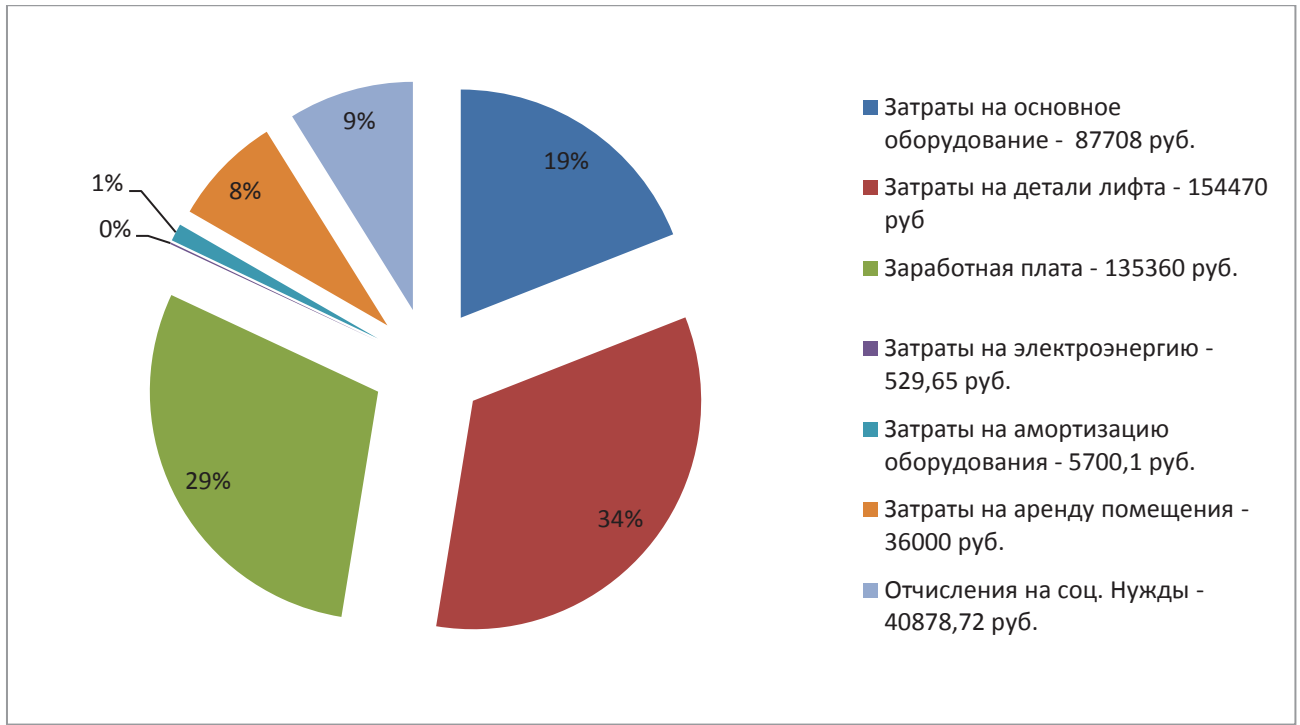


Рисунок 4.1 – Диаграмма затрат на замену деталей лифта

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Перв. примен.	<b>5 Безопасность и экологичность проекта</b>			
	<p>Даная работа в большей мере является теоретической, так как все исследования проводились на компьютере, с применением моделирования. Такая деятельность содержит определенные опасности и негативные воздействия. Для обеспечения комфортных и безопасных условий труда применяется ряд норм, прописанных в охране труда. Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.</p> <p>Деятельность инженера-программиста требует больших умственных, физических и эмоциональных затрат, а также характеризуется высокой напряженностью. Работа за компьютером воздействует на нервную, опорно-двигательную системы человека и подвергает человека воздействию ЭМП и прочих вредных факторов. Большой необходимостью является соблюдение режима труда и правил технической безопасности во избежание переутомляемости, электрических и механических травм.</p>			
Справ. №	<b>5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов</b>			
	<p>Производственные условия характеризуются наличием вредных и опасных факторов на рабочем месте, которые классифицируются по группам на: психофизиологические, химические, биологические, физические. В таблице 5.1 приведены основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.</p>			
Подпись и дата	Изн. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Изн. № подл.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
<i>БР – 15.03.06 ПЗ</i>				Лист
				59

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Обработка результатов измерений на ПК	Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и т.д.)	Электрический ток	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность</li> <li>• СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03</li> <li>• Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»</li> </ul>

При работе, связанной с программированием, на инженера воздействуют следующие факторы:

1) Физические. На организм оператора, работающего на компьютере, воздействуют такие факторы производственной среды как: шум; ЭМП; освещенность; вентиляция; температура и влажность воздуха; статическое электричество. Производственную среду, не соответствующую нормированным значениям данных условий, рассматривают как вредные условия труда.

2) Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы. Такие вредные производственные факторы, как нервно-психические (монотонность труда, умственное перенапряжение) и физические перегрузки могут возникать при напряженной работе. Последствия физического и психического истощения организма могут повлиять, как на работоспособность человека, так и на состояние здоровья в целом.

## 5.2 Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной

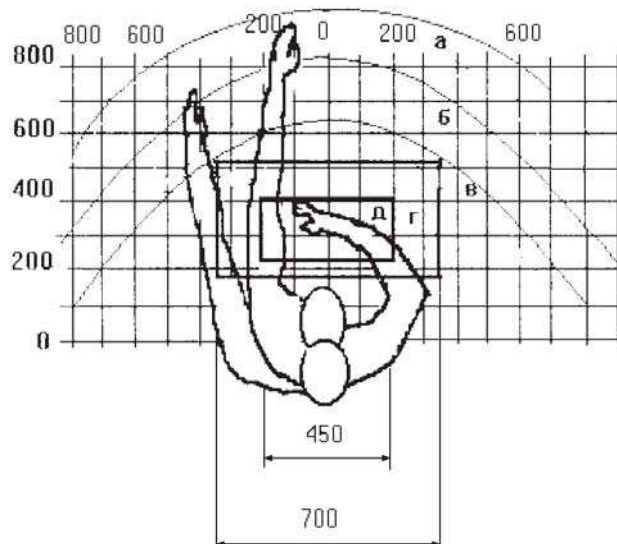
Лист

БР – 15.03.06 ПЗ

60

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

Перв. примен.	<p>санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.</p> <p>Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальная удостоверение.</p> <p>Лица, работающие на ПЭВМ, не должны иметь медицинских противопоказаний. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.</p>				
Справ. №	<p><b>5.3 Эргономические требования к рабочему месту</b></p> <p>Рабочее место должно быть эргономичным, т.е. удобным. Требования к удобству рабочего места для сидячей работы приведены в ГОСТ 12.2.032-78 [9].</p> <p>Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. Самым важной зоной рабочего места является сто и кресло программиста. На рисунке 6.1 показаны зоны работ человека в положении сидя. Объекты, с которыми пользователь работает чаще всего, должны быть расположены в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.</p>				
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<p style="text-align: right;">БР – 15.03.06 ПЗ</p> <p style="text-align: right;">Лист 61</p>



а – зона максимальной досягаемости рук; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Рисунок 5.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Рабочая поза сидя вызывает сильное утомление на опорно-двигательную систему. Поэтому необходимо делать перерывы и делать физические упражнения в течение 10 минут. На рисунке 6.2 представлены оптимальные положения объектов за рабочим местом.

Перв. примен.	Справа. №	Подпись и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Инв. № подл.					Лист	
												62
							БР – 15.03.06 ПЗ					
							Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Перв. примен.				
Справа. №				
Подпись и дата				
Инв. № дубл.				
Взам. инв. №				
Подпись и дата				
Инв. № подл.				

Рисунок 6.2 – Рабочий стол и размещения пользователя ПК

### 5.4 Расчет освещенности

Расчет освещенности рабочего места сводится к выбору системы освещения, определению необходимого числа светильников, их типа и размещения. Исходя из этого, рассчитаем параметры искусственного освещения.

Обычно искусственное освещение выполняется посредством электрических источников света двух видов: ламп накаливания и люминесцентных ламп. Будем использовать люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют ряд существенных преимуществ:

- 1) по спектральному составу света они близки к дневному, естественному свету;
- 2) обладают более высоким КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД ламп накаливания);
- 3) обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания);
- 4) более длительный срок службы.

Расчет освещения производится для комнаты площадью  $28 \text{ м}^2$  ( $S$ ), длина 7 м ( $a$ ), ширина которой 4 м ( $b$ ), высота - 3 м ( $h$ ). Воспользуемся методом светового потока.

БР – 15.03.06 ПЗ

Лист

63

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

Перв. примен.

Для определения количества светильников определим световой поток, падающий на поверхность по формуле:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \quad (5.1)$$

где F – рассчитываемый световой поток, Лм; E – нормированная минимальная освещенность (для точных работ 300 Лк); K – коэффициент запаса светильников в процессе эксплуатации (для точных работ 1.5); S – площадь помещения; Z – отношение средней освещенности к минимальной (выбирается в пределах 1.1-1.2); n – коэффициент использования светильников (определяется по таблице из приложения). Чтобы определить n, рассчитываем I (индекс помещения):

$$I = \frac{S}{h(a+b)} = \frac{28}{3 \cdot (4+7)} = 0.848. \quad (5.2)$$

Для рассчитанного значения I, n=36%. Подставим найденное значение в (5.1):

$$F = \frac{300 \cdot 1.5 \cdot 28 \cdot 1.15}{0.36} = 40250 \text{ Лм}. \quad (5.3)$$

Для освещения выбираем люминесцентные лампы типа ЛБ40-1 со световым потоком  $F_{л}=4320$  Лм. Рассчитаем необходимое количество ламп по формуле:

$$N = \frac{F}{F_{л}} = \frac{40250}{4320} = 10 \text{ шт}. \quad (5.4)$$

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

БР – 15.03.06 ПЗ

64

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

Перв. примен.

Справ. №

### 5.5 Расчет допустимого шума

Уровень шума, возникающий от нескольких некогерентных источников, работающих одновременно, подсчитывается на основании принципа энергетического суммирования излучений отдельных источников:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=0}^n 10^{0.1L_i}, \quad (5.5)$$

где  $L_i$  – уровень звукового давления,  $i$ -ого источника.

Из таблицы 5.7 возьмем значения уровней шумов объектов в рабочей зоне и подставим в уравнение (5.5):

Таблица 5.7 - Уровни звукового давления различных источников

Источник шума	Уровень шума, дБ
Жесткий диск	40
Монитор	17
Клавиатура	10
Принтер	25
Вентилятор	45
Мышка	7

$$L_{\Sigma} = 10 \lg(10^4 + 10^{1.7} + 10^1 + 10^{2.5} + 10^{4.5} + 10^{0.7}) = 46.23 \text{ дБ}. \quad (5.6)$$

Полученное значение не превышает допустимый уровень шума для рабочего места оператора, равный 65 дБ (ГОСТ 12.1.003-83). И если учесть, что вряд ли такие периферийные устройства как сканер и принтер будут использоваться одновременно, то эта цифра будет еще ниже.

### 5.6 Электробезопасность

Опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается в зависимости от условий в помещении. Не следует работать с ЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35 °С), наличии

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.



Перв. примен.	<p>токопроводящей пыли, токопроводящих полов. Оператор ЭВМ работает с электроприборами, следовательно, существует опасность поражения электрическим током в следующих случаях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ЭВМ;</li> <li>• при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ЭВМ);</li> <li>• при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;</li> <li>• при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.</li> </ul> <p>Основными факторами поражения, которые возникают в результате действия электрического тока на человека, являются:</p> <p>Электрические травмы - повреждения тканей организма в результате действием электрического тока (электрические ожоги, механические повреждения).</p> <p>Металлизация кожи – под действием электрической дуги, в верхний слой кожи происходит проникновение мелких частиц металла. В месте проникновения кожа становится болезненной, жесткой.</p> <p>Механическими повреждениями, проявляющимися под действием тока, являются непроизвольные судорожные сокращения мышц, что приводит к разрыву тканей, сосудов.</p> <p>Электрический удар сопровождается возбуждением живых тканей организма током, который через него проходит и приводит к судорожному сокращению мышц.</p> <p>Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок выполняются в следующей последовательности:</p>					
Справ. №						
Подпись и дата						
Инв. № дубл.						
Взам. инв. №						
Подпись и дата						
Инв. № подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР – 15.03.06 ПЗ	Лист



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выпускной квалификационной работы были решены поставленные задачи, а именно были собраны и проанализированные данные об отказах элементов пассажирских лифтов. Разработана математическая модель эксплуатационной надежности, позволяющая оперативно оценивать показатели надежности на основе массива данных. Были определены количественные значения показателей эксплуатационной надежности. Проведен анализ факторов, влияющий на конечную надежность. Сформированы рекомендации по изменению конструкции лифта для повышения надежности.

Было приведено технико-экономическое обоснование проекта, которое показало, что основные расходы связаны с приобретением оборудования и программного обеспечения.

Безопасность и экологичность проекта соответствует нормам и стандартам, установленным в Российской Федерации.

Перв. примен.				
Справ. №				
Подпись и дата				
Инв. № дубл.				
Взам. инв. №				
Подпись и дата				
Инв. № подл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
<i>БР – 15.03.06 ПЗ</i>				Лист 68

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лифт [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D1%84%D1%82>, свободный.
2. Нормирование надежности [Электронный ресурс] – Режим доступа [http://studopedia.ru/6\\_50706\\_normirovanie-nadezhnosti.html](http://studopedia.ru/6_50706_normirovanie-nadezhnosti.html), свободный.
3. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры, радиоэлектроники и автоматики. – Москва, 1975
4. Надежность технических систем: справочник/ под редакцией профессора Ушакова И.А. – Москва, 1985.
5. Надежность технических систем и техногенный риск [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.obzh.ru/nad/4-5.html>, свободный.
6. Нейронные сети. MATLAB 6/ Под общ. ред. к. т. н. В. Г. Потемника. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002.
7. Алгоритм Левенберга-Марквардта [Электронный ресурс] – Режим доступа [http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC\\_%D0%9B%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B0-%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B4%D1%82%D0%B0](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_%D0%9B%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B0-%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B4%D1%82%D0%B0), свободный.
8. Алгоритм сопряженных градиентов [Электронный ресурс] – Режим доступа [http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4\\_%D1%81%D0%BE%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D1%91%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85\\_%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D1%81%D0%BE%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D1%91%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2), свободный.
9. ГОСТ 12.2.032-75 Система стандартов безопасности труда(ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
10. Г.Э. Яхьяева. Нечеткие множества и нейронные сети. – Бином. Лаборатория знаний, 2006.

Перв. примен.					
Справ. №					
Подпись и дата					
Инв. № дубл.					
Взам. инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
БР – 15.03.06 ПЗ					Лист
					69

