

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Автоматизация и управление»

Атапкелов Бекзат Бекенұлы

«Разработка системы точного позиционирования персонала и подземного  
транспорта на горно-добывающих предприятиях»

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность: 5В070200 - Автоматизация и управление

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Автоматизация и управление»



**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Заведующий кафедрой АиУ  
Кандидат физ-мат. наук,  
ассоциированный профессор  
Алдияров Н.У.  
« 16 » 05 2022 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: «Разработка системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта на горно-добывающих предприятиях»


По специальности 5В070200 – Автоматизация и управление

Выполнил

Атапкелов Б.Б.

Рецензент


PhD, руководитель ЦКиТТвОАиМ

 Порубов Д.А.

« 06 » 05 2022 г.

Научный руководитель

PhD, сеньор-лектор

 Кулакова Е.А.

« 13 » 05 2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Автоматизация и управление»

5B070200 - Автоматизация и управление



**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой АиУ  
Кандидат физ-мат. наук,  
ассоциированный профессор  
Алдияров Н.У.

«17» 05 2022 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломной работы**

Обучающийся Атапкелов Б.Б.

Тема «Разработка системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта на горно-добывающих предприятиях».

Утвержден приказом ректора Университета №489-П/Ө от «24» декабря 2021 г.

Срок сдачи законченной работы: «18» мая 2022 г.

Исходные данные к дипломной работе: техническая документация горно-добывающего предприятия «Донского горно-обогатительного комбината».

Перечень подлежащих разработке в дипломной работе вопросов или краткое содержание дипломной работы: а) общие сведения о шахте «десятилетия независимости Казахстана»; б) разработка системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта для шахты «десятилетия независимости Казахстана».

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): план расположения всех оборудования и приборов.

Рекомендуемая основная литература:

[1] Описание Донского горно-обогатительного комбината // электронный ресурс: <https://www.kazchrome.com/ru/business-overview/divisions/donskoy/>.

[2] Официальный сайт компаний Strataworldwide: <https://www.strataworldwide.com/mining>.




[3] Нейронные сети и нейроконтроллеры: учеб. пособие/ М. В. Бураков. – СПб.: ГУАП, 2013. – 284 с.: ил.

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Технологический раздел	18 января 2022 г	
Специальный раздел	21 апреля 2022 г	

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Научный руководитель, консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Технологический раздел	Кулакова Е.А. PhD, сениор-лектор	24.02.22	
Специальный раздел	Кулакова Е.А. PhD, сениор-лектор	25.04.22	
Нормоконтролер	Сарсенбаев Н.С. К.т.н., ассистент профессор	11.05.2022	

Научный руководитель \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Кулакова Е.А.

Задание принял к исполнению обучающийся Атапкелов Б.Б. \_\_\_\_\_ Атапкелов Б.Б.

Дата «27» декабря 2021 г

## АҢДАТПА

Бұл дипломдық жоба тау-кен өндіруші кәсіпорындардағы қызметкерлер мен жерасты көлігін дәл орналастыру жүйесін әзірлеуге арналған. Дәл позициялау жүйесі әзірленіп жатқан нысан «Қазақстан тәуелсіздігінің онжылдығы» шахтасы болып табылады.

Аталған дипломдық жобаның бірінші тарауында «Қазақстан тәуелсіздігінің онжылдығы» шахтасының сипаттамасы, кен орнының сипаттамасы, жобаның міндеттері келтірілген.

Дипломдық жобаның екінші тарауында қызметкерлер мен жер асты көлігін дәл орналастыру жүйесінің барлық жүйелері, осы жүйелерге кіретін барлық құрылғылар мен жабдықтар сипатталған.

Нысанның орналасқан жерін дәл анықтайтын түрін табу мақсатында нейрондық желілердің үш түрі қарастырылды. Нейрондық желілерді құру NNtool интерфейсі қолдана отырып, Matlab ортасында жүргізілді.

Stateflow құралын қолдана отырып, Matlab ортасында жерасты, шахта көлігін басқарудың интеллектуалды жүйесі жасалды.

## АННОТАЦИЯ

Данный дипломный проект посвящен разработке системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта на горно-добывающем предприятии. Объектом для которого разрабатывается система точного позиционирования является шахта «десятилетия независимости Казахстана».

В первой главе данного дипломного проекта приводится описание шахты «десятилетия независимости Казахстана», описание месторождения, постановка задачи проекта.

Во второй главе данного дипломного проекта идет описание всех систем системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта, всех приборов и оборудования входящих в эти системы.

Были рассмотрены три типа нейронных сетей с целью выбора самого точного для определения местоположения объекта. Построение нейронных сетей производилась в среде Matlab с использованием интерфейса NNtool.

Была разработана интеллектуальная система управления подземным, шахтным транспортом в среде Matlab с использованием инструмента Stateflow.

## ANNOTATION

This diploma project is dedicated to the development of a system for precise positioning of personnel and underground transport at mining enterprises. The object for which an precise positioning system is being developed is the mine «decades of independence of Kazakhstan».

The first chapter of this diploma project contains a description of the mine «decades of independence of Kazakhstan», a description of the deposit, the statement of the project task.

In the second chapter of this thesis project there is a description of all systems of the system of precise positioning of personnel and underground transport, all devices and equipment included in these systems.

Three types of neural networks were considered in order to choose the most accurate for determining the location of an object. Neural networks were built in the Matlab environment using the NNtool interface.

An intelligent control system for underground, mine transport was developed in the Matlab environment using the Stateflow tool.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	Общие сведения о шахте «десятилетия независимости Казахстана»	10
1.1	Описание шахты «десятилетия независимости Казахстана»	10
1.2	Постановка задачи проекта	11
2	Разработка системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта для шахты «десятилетия независимости Казахстана»	12
2.1	Описание основных систем системы точного позиционирования	12
2.2	Описание приборов системы точного позиционирования	19
2.3	Определение структуры шахты	31
2.4	Разработка нейронной сети для точного позиционирования	32
2.5	Разработка системы управления внутришахтным движением транспорта	42
	Заключение	47
	Список использованной литературы	48



## ВВЕДЕНИЕ

Как известно, в шахтах с каждым днем выполняя различные работы персонал подвергается различным рискам. По статистике, за семь месяцев 2021 года из-за несчастных случаев на производстве пострадали свыше 800 человек, из них свыше 100 погибли. По сравнению с прошлым годом, уровень травматизма увеличилась на 2,4 %. Наибольшее количество пострадавших наблюдается на горно-добывающих предприятиях, порядка свыше 130 человек. При аварийных ситуациях во время проведения горных работ жизненно необходима система точного позиционирования, которая позволяет определить точное местоположение горнорабочих. Поэтому, в настоящее время все больше проявляется интерес к современным системам контроля рабочих, а именно к системам определения местоположения человека под землей для обеспечения их безопасности. Система точного позиционирования персонала и подземного транспорта для шахт обеспечивает наблюдение, контроль, определение положения персонала и подземного транспорта в шахте в режиме реального времени, передачу аварийных сообщений персоналу, поиск пострадавших в завалах, оповещение кадров о возможных столкновениях, о возможных утечках неких опасных газов, о приближениях горнорабочих к опасным зонам и тд.

**Общая характеристика.** Данный дипломный имеет два главных раздела.

В первом разделе приводятся общие сведения шахты «десятилетия независимости Казахстана», описание месторождения, постановка задачи проекта.

Во втором разделе описываются все системы, системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта, все приборы и оборудования входящие в эти системы. Рассматриваются, сравниваются три типа нейронных сетей. Разрабатывается интеллектуальная система управления подземным, шахтным транспортом.

**Цель работы.** Разработка системы точного позиционирования персонала и подземной техники для шахты «десятилетия независимости Казахстана».

**Актуальность.** Актуальность заключается в том, что в шахтах случаются различные несчастные случаи и для обеспечения безопасности персонала жизненно необходима разработка точной системы позиционирования.

**Задачи на выполнение.** Необходимо разработать систему точного позиционирования, сделать синтез нейронной сети для точного определения местоположения, разработать систему управления движением транспорта в шахте.

## **1 Общие сведения о шахте «десятилетия независимости Казахстана»**

### **1.1 Описание шахты «десятилетия независимости Казахстана»**

Шахта «десятилетия независимости Казахстана» Донского горно-обогатительного комбината расположена в Хромтауском районе Актюбинской области. К шахтному полю шахты «десятилетия независимости Казахстана (ДНК)» относятся месторождения: «Миллионное», «Алмаз-Жемчужина», №21, «Первомайское», «Западная залежь», они расположены близко к городу Хромтау.

Донской горно-обогатительный комбинат добывает и перерабатывает хромовую руду, товарной продукцией является хромовый концентрат, окатыши и дробленая товарная руда [1]. В г. Хромтау расположена ж. д. станция Донское Западно-Казахстанской железной дороги, с которой продукция Донского ГОКа поставляется на ферросплавные заводы Казахстана (г. Актобе и г. Аксу) и России. С областным центром - г. Актобе г. Хромтау соединен асфальтированной дорогой протяженностью 110 км и железной дорогой, через станции Никельтау и Кандыгааш, протяженностью 210 км.

Энергообеспечение производится от системы Актюбинской РЭК по линиям 220 и 110 киловольт. В качестве топлива используется газ, резервом является мазут. В восточной части район пересекается трассой газопровода Бухара - Урал, ответвления от этого газопровода проходят через города Актобе и Хромтау. Снабжение питьевой и технической водой горнорудного предприятия производится за счет подземных вод существующих водозаборов.

На данный момент запасы месторождений первой очереди строительства вскрыты с поверхности вертикальными стволами «Клетевой», «Скипо-Клетевой», «Вспомогательный» и «Северно-Вентиляционный». Пройдены горизонты плюс 240 м, 0 м, минус 80 м, минус 160 м, в стадии проходки находятся горизонты минус 240 м и минус 320 м.

Запасы месторождений «Миллионное» обрабатываются на горизонте минус 160 м, запасы месторождения «Алмаз-Жемчужина» обрабатывают на горизонте плюс 80 м, 0 м, минус 80 м. В настоящее время ствол «Клетевой» пройден с поверхности до горизонта минус 560 м, ствол «Вентиляционный» пройден с поверхности до проектной отметки минус 825,6 м, ведется его армировка ствол «Скиповой» пройден до отметки плюс 279 м, продолжается его проходка. Ствол "Клетевой" сбит со стволом "Вентиляционный" грузовым квершлагом. На горизонте минус 560 м пройден околоствольный двор и водоотливной комплекс ствола «Клетевой».

Вскрытие запасов месторождения «Первомайское» выше горизонта плюс 160 м произведено автотранспортным уклоном и существующими стволами «Вспомогательным» и «Скипо-Клетевым».

На месторождении №21 пройдены штольни № 1, № 2, камеры вентустановок с вентиляционными каналами, главный транспортный и вентиляционные уклоны до сбоек с вентиляционными и лифтовыми

восстающими на подэтаже плюс 210 м, горизонте плюс 190 м, горизонте плюс 170 м.

**Месторождения «Алмаз-Жемчужина», «Миллионное», «Западная Залежь».** Производительности месторождения 6,0 млн. т руды в год. В 2029 году добычу руды предполагается вести: по первой очереди 1964 тыс.т. в год на горизонтах минус 160 м, минус 240 м, минус 320 м, и 139,9 тыс.т. на месторождении № 21, по второй очереди 4035,5 тыс.т. в год на горизонтах минус 400, минус 480 и минус 560 м. Запасы третьей очереди на горизонтах минус 720 м и минус 800 м включаются в добычу к 2046 году для поддержания производительности 6000 тыс.т. в год.

**Месторождение «Первомайское».** Максимальная производительность на месторождении 300 тыс.т. в год с горизонта плюс 240 м, с 2020 года началась работа на горизонте плюс 160 м для поддержания производительности.

**Месторождение № 21.** Производительность месторождения 700 тыс.т. Исходя из угла падения рудных тел месторождения, их незначительных запасов на подэтажах, производительность шахты на участке месторождения определена по размещению очистных блоков на подэтажах.

Для достижения и поддержания производительности 700 тыс.тонн руды в год, месторождение снабжено 4 очистными блоками, производительность которых изменяется от 100 тыс.тонн до 250 тыс.тонн в год, в зависимости от количества запасов, находящихся в каждом блоке. 4 очистных блока располагаются на двух подэтажах (3 блока на подэтаже плюс 210м и 1 блок на подэтаже 190 м). Для поддержания достигнутой производительности, при незначительных запасах на подэтажах, очистные блоки располагаются на четырех подэтажах по одному очистному блоку на каждом подэтаже.

## **1.2 Постановка задачи проекта**

Целью дипломного проекта является разработка системы точного позиционирования персонала и подземной техники для шахты «десятилетия независимости Казахстана», для обеспечения безопасности рабочего персонала и сокращение аварийных ситуации в шахте.

Для достижения этих целей необходимо решение следующих задач:

- Разработка системы точного позиционирования персонала и транспортной техники;
- Разработка системы предотвращения наездов и столкновений;
- Разработка системы аэрогазового контроля, системы идентификации опасных зон, а также поисковой системы обнаружения персонала под завалом;
- Синтез нейронной сети для повышения точности системы позиционирования персонала и транспорта;
- Разработка интеллектуальной системы управления внутришахтным транспортом.

## 2 Разработка системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта для шахты «десятилетия независимости Казахстана»

### 2.1 Описание основных систем точного позиционирования

**Связь и сигнализация.** Система связи предназначена для высокоскоростной передачи данных и VoIP-телефонии. Система построена на основе магистральных оптических сетей и точек беспроводного доступа Wi-Fi.

В состав системы входят:

- Модуль SC-NODE-A;
- Модуль беспроводной связи AS-AP-1G;
- Источник бесперебойного питания со встроенным коммутатором ASUPS-XX-YY;
- Оптические кросс-боксы;
- Сервер.

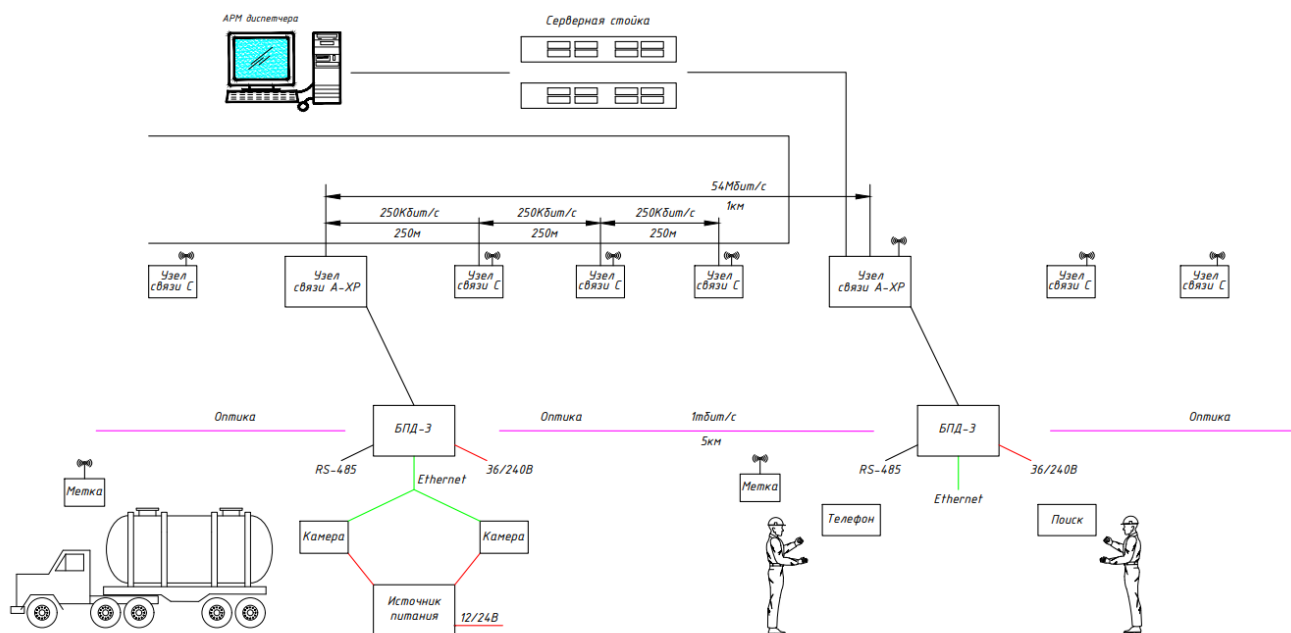


Рисунок 2.1 – Структура сети

Для шахты «десятилетия независимости Казахстана» структура сети построена на топологии «кольцо» с ответвлениями на каждом горизонте, охватываемом системой. Магистральная сеть проложена оптическим кабелем 24 волокна, от серверной АБК, через надшахтное строение Скипо-Клетевого ствола, по стволу с заходом на горизонты плюс 160, 0, минус 160, минус 252, с установкой кроссбоксов и коммутаторов на указанных горизонтах. На горизонте минус 160 выполняется ответвление в клетевой ствол, по которому подключены коммутаторы горизонтов минус 480, минус 560. Кольцевая топология на данных

горизонтах обеспечивается прокладкой кабеля 16 волокон по различным выработкам, без пересечения, с возвратом к окоlostвольному коммутатору.

От коммутаторов около ствола по горизонтам плюс 160, 0, минус 80, минус 160, минус 252, минус 480, минус 560 проложен оптический кабель 16 волокон, объединяющий узлы связи. Кольцевая топология обеспечивается вторым магистральным кабелем, проходящим по вспомогательному стволу, с заходом на горизонты минус 252, минус 160, минус 80, 0, плюс 160 и месторождение Первомайское. На выходе на дневную поверхность кабель разваривается в кроссе в помещении сигналиста, для обеспечения подключения дополнительного оборудования, и далее, по существующим трассам и в земле до сервера в АБК.

Оборудование на месторождении Первомайское подключается оптическим кабелем 16 волокон к коммутатору на горизонте плюс 160, проложенном по транспортному уклону. Кольцевая топология обеспечивается присоединением к магистральному кабелю 24 волокна, проходящему по вспомогательному стволу.

Оборудование горизонтов минус 178 и минус 220 подключено к коммутатору на горизонте минус 160 кабелем, проложенным по лифтовому восстающему от минус 252 к минус 160.

Месторождение 21 подключается магистральным кабелем 24 волокна, проложенным от существующего кросса в здании электроцеха, в земле до карьера Мирный, затем по борту карьера по существующим кабельным конструкциям до входа в штольню. Далее, от кросса на штольне кабелем 16 волокон последовательно по всем горизонтам, от плюс 210 до плюс 60, с присоединением коммутаторов аналогично горизонтам ШДНК, с возвратом замыкающего кольцо кабеля по лифтовому восстающему №2.

Для обеспечения телефонной связи между подземной частью системы и существующей инфраструктурой на дневной поверхности применён программный PBX (Private Branch eXchange, «разветвлённая частная сеть обмена», программно-аппаратное решение для реализации голосовых сервисов на основе существующих сетей), на основе программного продукта Asterisk, развёрнутом на виртуальном сервере системы. Данный программный продукт позволяет осуществлять соединение VoIP – телефонов, находящихся в зоне покрытия сети Wi-Fi со стационарными телефонами в существующей сети предприятия. Количество одновременно занимаемых каналов связи со стационарными телефонами может быть программно ограничено. Физически сервер PBX соединяется с существующей АТС стандартным кабелем UTP (витая пара), дополнительно в АТС устанавливается плата цифровых интерфейсов МРТ-120/60.

**Система точного позиционирования.** Система точного позиционирования персонала и подземного транспорта обеспечивает наблюдение, контроль, определение положения персонала и подземного транспорта в шахте в режиме реального времени, передачу аварийных сообщений персоналу, поиск пострадавших в завалах, оповещение кадров о

возможных столкновениях, о возможных утечках неких опасных газов, о приближениях горнорабочих к опасным зонам и тд. Вся система точного позиционирования персонала и транспорта основана на оборудовании компаний Strata CommTrac производства Strata Products Worldwide [2].

Состав оборудования:

- Метка персонала SC-TAG-04 и метка для техники SC-TAG-03;
- Светильники СВГ Луч-4NCH-X2-X3-X4-X5-X6;
- Модуль SC-C;
- Модуль SC-NODE-A.

Общие принципы работы системы позиционирования. Определение положения меток персонала, техники, а также фонарей со встроенными метками производится по технологии RSSI (определение положения радиочастотного объекта по уровню сигнала методом триангуляции) в беспроводной сети Strata CommTrac. Для работы указанной сети в подземных выработках устанавливаются узлы связи (Модули SC-C, SC-NODE-A), образующими беспроводную самоорганизующуюся самовосстанавливающуюся сеть (mesh). Эта же сеть обеспечивает передачу данных от автоматических стационарных и переносных (в фонарях) газоанализаторов и прочих устройств сбора данных (телеметрия машин и механизмов, данным проектом не предусматривается). Также, данная сеть обеспечивает передачу сообщений персоналу, имеющему фонарь или метку, миганием фонаря или светодиодов метки. Система соответствует всем требованиям промышленной безопасности РК: точность позиционирования персонала и самоходной техники в подземных условиях  $\pm 20$  м.

**Система аэрогазового контроля.** Система предназначена для осуществления аэрогазового контроля в выработках.

Для осуществления аэрогазового контроля в выработках применяются переносные газоанализаторы, встроенные в светильники СВГ Луч-4, и автоматические автономные газоанализаторы Trolex Sentro 1. Как уже было сказано ранее светильник СВГ Луч-4 используется в виде личного осветительного устройства в подземных выработках различных шахт, в сложных и опасных подземных местах, а также его используют как средство для оповещения горных рабочих об авариях или при вызове, для определения местонахождения шахтных кадров в горных выработках, для поиска шахтеров при аварийных ситуациях, для автоматического контроля рабочими концентрации различных газов в воздухе, например окиси углерода или метана и т.д. и следовательно, при превышении заданного порога, как технологию для звуковой сигнализации.

Trolex Sentro 1 газоанализаторы это устройства которые предназначены для измерения содержания веществ и сигнализации наличия опасных веществ в воздушной среде горных выработок.

**Система предотвращения наездов и столкновений.** Система предотвращения наездов и столкновений строится на базе оборудования HazardAvert компании Strata Worldwide. Система HazardAvert создает сильное

электромагнитное поле вокруг зон, представляющих потенциальную опасность для персонала и риск повреждения оборудования. Обнаруживающее устройство точно определяет поле и подает предупреждающие сигналы при входе в зону предупреждения или опасную зону. Устройство может носить работник, или его можно устанавливать на машинах. Для удовлетворения широкого ряда требований, предъявляемых ко многим разным горнотехническим условиям, было добавлено множество дополнительных функций и особенностей.

В состав системы HazardAvert входят пять основных компонентов:

- Модуль предупреждения сближения;
- Автомобильный модуль предупреждения;
- Модуль интерфейса;
- Индивидуальный сигнализатор (ИС);
- Блок катушки в сборе.

Принцип работы системы предотвращения наездов и столкновений. Система работает на принципе определения положения метки персонала и техники в переменном магнитном поле низкой частоты. При приближении метки к генератору низкочастотного магнитного поля, установленному на технике, на заданное расстояние, в катушке метки наводится переменный ток, который в зависимости от уровня сигнала, пропорциональному расстоянию до генератора, вызывает срабатывание передатчика ВЧ сигнала, в свою очередь, принимаемого устройством, установленном на технике. В зависимости от установленного расстояния у оператора техники и носителя метки персонала происходит срабатывание предупредительного или аварийного сигнала. Оповещение операторов транспортных средств (машинистов самосвалов и электровозов) о нахождении персонала в опасной зоне выполняется при сближении персонала и транспортного средства на расстояние менее 20 метров согласно настраиваемой зоны.

**Система идентификации опасных зон.** Система идентификации опасных зон проведения буровзрывных работ (БВР) реализована на оборудовании и программном обеспечении Strata, производства Strata Products Worldwide. Система работает на принципе определения положения метки персонала в системе позиционирования по технологии RSSI, визуализации данных и обозначением на мнемосхеме зон проведения БВР. Опасные зоны проведения БВР обозначаются на мнемосхемах Администратором системы согласно информации, полученной от Главного инженера (указываются узлы системы позиционирования, территориально обозначающие опасную зону). Также Администратором системы вносятся время проведения взрывных работ для каждой опасной зоны отдельно, запрещающее нахождение персонала в опасных зонах, кроме сотрудников, задействованных в проведении БВР, вносятся данные по персоналу, имеющему допуск для выполнения работ в зонах проведения БВР (согласно плану проведения БВР, информации, предоставленной от Главного инженера). По мере изменения данных зон и времени проведения БВР в мнемосхему вносятся соответствующие корректировки. Персонал, имеющий

разрешение на выполнение работ в «опасных зонах» в системе идентифицируется отдельно от общего персонала шахты.

Приближение и/или пересечение персоналом «опасной зоны» определяется по изменению уровня RSSI между меткой персонала и узлами системы позиционирования. Полученные данные анализируются системой, в случае нахождения персонала в «Опасной зоне», в запрещенное время, согласно плану проведения БВР, не имеющего соответствующего разрешения, диспетчеру на АРМ приходит уведомление об опасности пересечения зоны ведения БВР персоналом, также, дополнительно персоналу, зашедшему в «Опасную зону», приходит текстовое и световое уведомление о запрете нахождения в данном месте и необходимости покинуть опасную зону.

Обязательным условием корректной работы системы является наличие узлов системы позиционирования в зонах ведения БВР (расположенных на безопасном для оборудования расстоянии от места буровзрывных работ) и оснащение метками системы позиционирования всего подземного персонала (все оборудование должно быть работоспособным, корректно отображаться на мнемосхемах системы позиционирования).

**Диспетчеризация.** Система диспетчеризации построена на основе программных продуктов Strata Worldwide. Программное обеспечение развёртывается и выполняется на сервере системы, отображение информации на АРМ горного диспетчера, ламповщиков, аэрогазового контроля осуществляется посредством веб-интерфейса. Данное решение позволяет оперативно заменять вышедший из строя АРМ, не останавливая работу системы, а также, в случае необходимости, организовывать отображение пользовательских интерфейсов системы на любом подключенном к сети компьютере.

Существует три уровня доступа к пользовательскому интерфейсу сервера: Super User (Администратор), Client Manager (Клиент Менеджер) и Client Viewer (Наблюдатель). Логин Super User в системе дает пользователю наибольшую свободу действий с сервером и позволяет ему получить доступ к меню настроек и конфигураций, серверным сервисам и загрузкам карт. Client Manager имеет некоторые административные возможности в интерфейсе сервера, а Client Viewer может только просматривать и распечатывать информацию в разных вкладках с ограничениями.

Пользовательский интерфейс позволяет отслеживать узлы связи, горняков, ресурсы, события и проводить диагностику сети. В окне интерфейса Commtrac отображаются две панели, одна из которых содержит список всех устройств в системе, а другая - карту с расположением узлов в структуре шахты. На сервере «Connest» есть несколько различных маркеров и звуков по умолчанию, чтобы различать события устройства на карте. Настроить эти маркеры и звуки для определенных событий, можно щелкнув в правом нижнем углу представления карты. Каждый обзор карты будет предоставлять свой набор обозначений карты в зависимости от устройств, доступных в выбранном отчете. Возможно масштабирование отображаемой карты и изменение положения компонентов системы на ней.



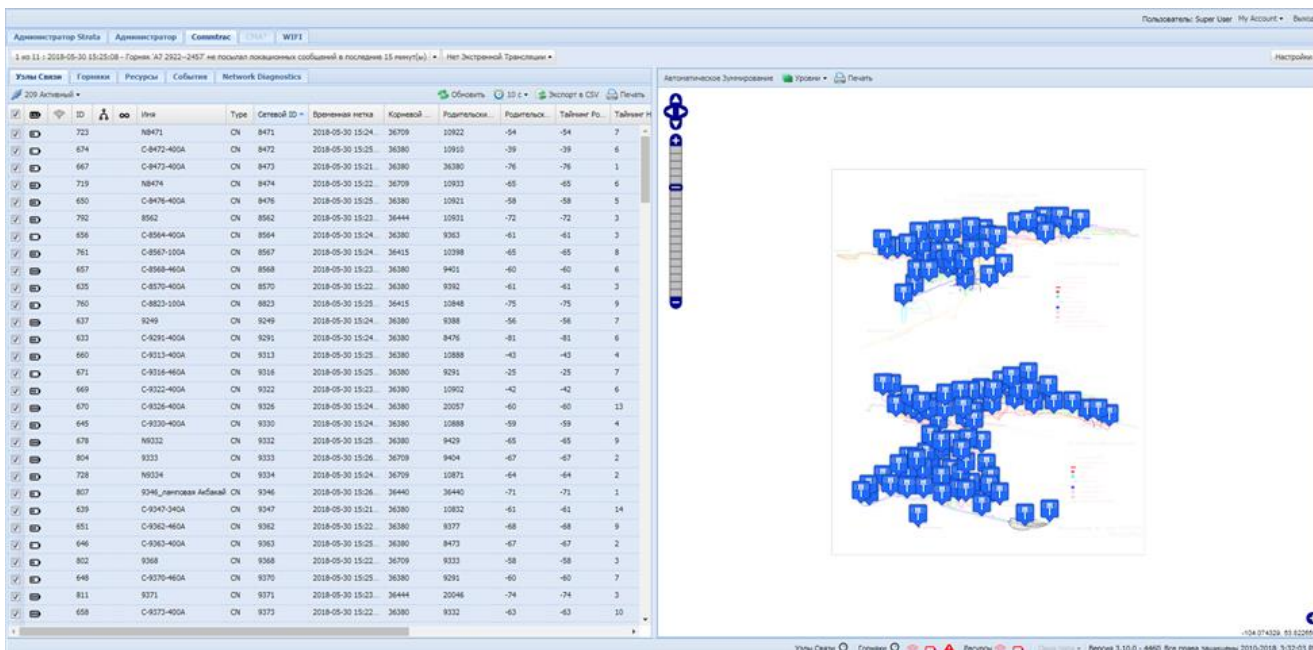


Рисунок 2.2 – Пользовательский интерфейс сервера «Connect» и панель «Узлы связи»

На панели узлов связи возможно видеть состояние узлов – подключение к сети, оставшийся заряд батарей, название устройства, тип, сетевой ID, время принятого сигнала от устройства и другие параметры.

На панели «Горняки» можно видеть состояние всех носимых устройств (фонарей, меток, пейджеров). Вкладка отображает уровень сигнала, оставшийся заряд батарей, имя горняка и участок работ, сетевой адрес, специализацию горняка и тд. Также могут быть добавлены другие параметры, применяемые при наладке системы. Из данной вкладки также можно передавать сообщения горнякам (широковещательные – всем сразу, группам горняков, индивидуально одному горняку). Следовательно, обратный сигнал от горняков отображается в данном сервере, под типом точки. Если на сервера отображается зеленая точка, то это означает сигнал «ОК», желтая точка – «травмирован, но в порядке», красная точка – «травмирован и нуждается в помощи».

Имя	Фамилия	Псевдоним	Сетевой ID	Тип	Тип Работы	Участок	Сильнейший Узел	Частота Доклада	П...
Берик Жай...	Токомбеков	A132 1821-4147	120160				C-10636-180A	60	
		A18 2660-4524	120233				9346_ланговая...	60	
Айдынбай ...	Олжабаев	A106 4190-2396	120725					60	
Каракозайым	Керимбе...	A60 1207-1406	120769	CAM	Раздатчик взр...	Акбакай		60	
Дунан Абд...	Дауытов	A119 2358-5190	120383	CAM	Электрослесар...	Акбакай		60	
Ролан	Абаев	B25пейджер	17015	MC	Электромехани...	Бескенпир		60	
Кайрат	Жылкыба...	B74 2206	120091	CAM	Машинист буро...	Бескенпир		60	
Гайылбек	Ариков	B4 1416	120093	CAM	Мастер горный	Бескенпир		60	
Газиз	Талиев	B 71 1224	120729	CAM	Раздатчик взр...	Бескенпир		60	
Нургиса	Усентаев	B36 3933-4887	120180	CAM	Машинист погр...	Бескенпир		60	
Ардак	Тойбагар...	B16 1463-3665	120220	CAM	Машинист погр...	Бескенпир		60	
Жумахан	Алибеков	B55 --	120251	CAM	Машинист подз...	Бескенпир		60	
Жанбота	Алысбаев	B21 3750-2389	120375	CAM	Машинист погр...	Бескенпир		60	
Максат	Мырзабе...	B17 2269	120404	CAM	Машинист подз...	Бескенпир		60	
Ернек	Бокенов	B44 3974	120521	CAM	Проходчик (ко...	Бескенпир		60	
Абзал	Анарбеков	B09 4392	120523	CAM	Машинист погр...	Бескенпир		60	
Мурат	Баев	B45 4905	120534	CAM	Машинист (По...	Бескенпир		60	
Ердос	Абдыкад...	B62 1657-1755	120625	CAM	Проходчик (ко...	Бескенпир		60	
Алибек	Сарманов	B40 1363-1373	120628	CAM	Слесарь по обс...	Бескенпир	10901	60	
Нуркен	Шайдыке...	B47 4111	120644	CAM	Взрывник	Бескенпир	N10822	60	
Жарас	Кармысов	B57 1243-2904	120668	CAM	Слесарь по обс...	Бескенпир	10901	60	
Абдулла	Ибрагимов	B32 3785-1430	120690	CAM	Электрогазос...	Бескенпир	N10896	60	
Конысбай	Досжанов	B61 4148	120737	CAM	Слесарь по обс...	Бескенпир	C-10853-180A	60	
Жанибек	Каупанов	B24 пейджер	17024	MC	Мастер горный	Бескенпир	C-10853-180A	60	
Бауыржан	Нурумов	B06 1365	120742	CAM	Машинист авто...	Акбакай	C-22022-460A	60	
Шынгыс	Тезекбай	B19 пейджер	17019	MC	Слесарь по обс...	Бескенпир	N10896	60	

Рисунок 2.3 – Панель интерфейса «Горняки»

Аналогичным образом отображается положение подземной техники с установленными метками. На панели «машины», можно увидеть статус транспорта, участок его работ, сетевой ID, тип транспорта и тд.

Имя	Участок	Тип	Сетевой ID	Статус	Monitor Ev...	Частота Доклада	Активированная Времен...	Деактивированная Врем...
N3A SBY Boomer T-D 1005			10050	активный	YES	900	2018-03-04 13:37:36	
N7B PSM MT2010 9996			9996	активный	YES	900	2018-03-04 13:36:27	
N18 SBY Boomer 281 9805			9805	активный	YES	900	2018-03-04 13:38:34	
Квадроцикл А 10038						900	2018-06-06 17:28:43	
N3B PDM ST7 9675	Бескенпир	ПДМ				900	2018-03-04 13:41:39	
N5A PSM MT2010 9793	Акбакай	Самосвал				900	2018-03-04 13:43:30	
N2B PSM MT2010 9874	Бескенпир	Самосвал				900	2018-03-04 13:44:21	
BM Каспер 9953	Акбакай	Прочее				900	2018-05-03 17:26:10	
N5B PDM ST7 10021	Бескенпир	ПДМ				900	2018-03-04 17:18:21	
N2 PDM ST7 10022	Акбакай	ПДМ				900	2018-03-04 17:20:12	
N6B PSM MT2010 10025	Бескенпир	Самосвал				900	2018-03-04 17:21:03	
N4A SBY Boomer T-D 10028	Акбакай	СБУ				900	2018-03-04 17:21:47	
N6A Boltec S 10036	Акбакай	Прочее				900	2018-03-04 17:25:07	
N1A PSM MT2010 10039	Акбакай	Самосвал				900	2018-03-04 17:27:24	
PAUS Greider 10042	Акбакай	Грейдер	10042	активный	YES	900	2018-03-04 17:28:14	

Рисунок 2.4 – Панель интерфейса «Машины»

Вкладка «СМА» (система мониторинга газа) активна для шахт, которые имеют установленную под землей систему аэрогазового контроля Strata на базе

Trolex. В окне интерфейса СМА отображаются две панели, одна из которых содержит список всех устройств в системе, а другая - карту с их расположением в структуре шахты. На данной вкладке отображается измеряемый параметр (содержание выбранного газа), состояние анализатора, оставшийся заряд батарей, необходимость конфигурации модуля, состояния обратного сигнала, статус вентиляции, и другие параметры.

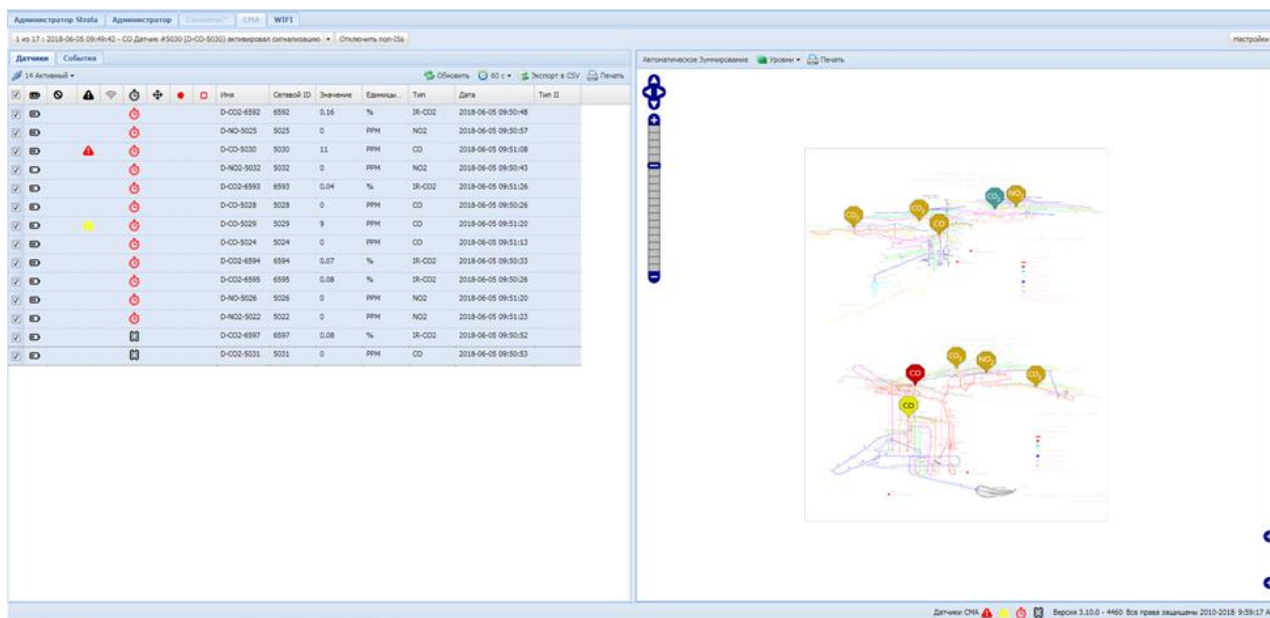


Рисунок 2.5 – Панель интерфейса «СМА»

Также на данном сервере имеется панель «События», в котором можно увидеть все события, произошедшие в определенном промежутке времени. На этой панели будет отображена описание события, точное время сообщения, тип, название устройства с которого поступил сигнал и так далее.

На сервере «Connect» есть возможность создавать отчеты о сотрудниках и транспортах. Отчеты детализируют все события, произошедшие с тем или иным объектом. Есть возможность увидеть все события одного объекта или сгруппировать их в определенный состав.

## 2.2 Описание приборов системы точного позиционирования

**Система точного позиционирования.** Вся система точного позиционирования персонала и транспорта основана на оборудовании компаний Strata CommTrac производства Strata Products Worldwide.

Состав оборудования:

- Метка персонала SC-TAG-04 и метка для техники SC-TAG-03;
- Светильники СВГ Луч-4NCH-X2-X3-X4-X5-X6;
- Модуль SC-C;

– Модуль SC-NODE-A.

**Модуль SC-NODE-A.** Соединительный модуль SC-NODE-A системы связи и мониторинга горных выработок StrataConnect – сложные составные устройства, являющиеся одновременно элементами системы StrataConnect и StrataCommtrac, вычислительных сетей на базе стандарта IEEE 802.11 (2400 МГц) и технологию позиционирования и передачи данных по собственному проприетарному протоколу Commtrac (915 МГц) предназначен для маршрутизации многоконтурной (mesh) беспроводной сети позиционирования и передачи данных. Отличие устройств в наличии у оптического модуля SC-NODE-A разъёма SC для подключения к локальной сети, имеющей средой передачи данных оптоволоконный кабель. Модуль SC-NODE-A подключается к линии передачи данных и в системе StrataConnect выполняет функцию подземной беспроводной точки доступа, где при помощи портативного устройства, оснащённого модулем радиодоступа по протоколу IEEE 802.11.b/g/n, можно получить доступ к информационным сетям, которые функционируют аналогично наземным. Эти модули доступны для подключения с помощью любого стандартного Wi-Fi-совместимого устройства. Они обеспечивают цифровую передачу голоса VoIP (в горных выработках и на поверхность), передачу текстовых сообщений, доступ к данным с помощью переносных компьютеров или мобильных устройств, возможность телеметрии с датчиков газоанализаторов для атмосферного мониторинга, отслеживание перемещений персонала и оборудования.



Рисунок 2.6 – Модуль SC-NODE-A

**Модуль SC-C.** Соединительный модуль SC-C – устройство, являющееся элементом системы StrataCommtrac, поддерживает технологию позиционирования и передачи данных по собственному проприетарному протоколу Commtrac (915 МГц) предназначен для передачи данных о местоположении с любого устройства, снабженного меткой StrataCommtrac на компоненты системы, находящейся на поверхности.





Рисунок 2.7 – Модуль STC-C

**Модуль AS-AP-1G.** Узел беспроводной связи AS-AP-1G предназначен для создания зоны покрытия беспроводной связью Wi-Fi, с возможностью выбора режима работы.



Рисунок 2.8 – Модуль AS-AP-1G

Устройство выполнено в радиопрозрачном корпусе из фиброгласса имеет один или два разъема в зависимости от версии устройства. Для версии с PoE – только разъем Ethernet, для версии с питанием бортовой сети транспортного средства – разъем Ethernet и разъем для ввода питающего напряжения. Устройство содержит в себе беспроводную точку доступа обеспечивающую работу сети передачи данных, устройство может получать питание по стандарту Passive-PoE.

**Метка персонала и техники SC-TAG.** Метка для персонала и техники SC-TAG – работающее от батареи, искробезопасное беспроводное устройство с интегрированной системой позиционирования StrataCommtrac предназначенное для определения местоположения техники и персонала в шахте, используя современную из существующих на сегодня, беспроводных технологий связи и позиционирования от Strata Products Worldwide. Технология позиционирования, примененная в метке, предлагает лучшие в классе возможности позиционирования для мониторинга и определения местоположения техники, персонала и оборудования на протяжении всей шахты.



Рисунок 2.9 – Метка персонала и техники SC-TAG

**Светильники СВГ Луч-4.** Светильник СВГ Луч-4 используется в виде личного осветительного устройства в подземных выработках различных шахт, в сложных и опасных подземных местах, а также его используют как средство для оповещения горных рабочих об аварии или при вызове, для определения местонахождения шахтных кадров в горных выработках, для поиска шахтеров при аварийных ситуациях, для автоматического контроля рабочими концентрации различных газов в воздухе, например окиси углерода или метана и т.д. и следовательно, при превышении заданного порога, как технологию для звуковой сигнализации.



Рисунок 2.10 – Светильник СВГ Луч-4

В общем все эти элементы составляют систему позиционирования персонала и подземной техники.

**Система видеонаблюдения в шахте.** Система видеонаблюдения построена на оборудовании Dahua, представленного IP-видеокамерами IPC-HFW1431S1P-0280B разрешением 4К, объектив с фокусным расстоянием 2,4мм. Камеры подключаются к коммутаторам высокоскоростной оптической сети медным кабелем FTP cat 5, питание камер осуществляется по кабелю передачи данных (PoE) от источников бесперебойного питания в шкафах коммутаторов. Видеосигнал в цифровом виде передается на поверхность по системе передачи данных, и выводится на экран АРМ горного диспетчера. Возможны различные варианты отображения – индивидуально с одной камеры, с нескольких

избранных камер, со всех камер сразу (обзорная), с циклическим переключением.



Рисунок 2.11 – Видеокамера Dahua

**Система аэрогазового контроля.** Для осуществления аэрогазового контроля в выработках применяются переносные газоанализаторы, встроенные в светильники СВГ Луч-4, и автоматические автономные газоанализаторы Trolex Sentro 1. Как уже было сказано ранее светильник СВГ Луч-4 используется в виде личного осветительного устройства в подземных выработках различных шахт, в сложных и опасных подземных местах, а также его используют как средство для оповещения горных рабочих об авариях или при вызове, для определения местонахождения шахтных кадров в горных выработках, для поиска шахтеров при аварийных ситуациях, для автоматического контроля рабочими концентрации различных газов в воздухе, например окиси углерода или метана и т.д. и следовательно, при превышении заданного порога, как технологию для звуковой сигнализации. Светильник СВГ Луч-4 представлен на рисунке 2.10.

Автоматические автономные газоанализаторы Trolex Sentro 1 представляют собой автономное устройство, питающееся от 4 гальванических элементов типа D, и предназначены для измерения содержания и сигнализации наличия опасных веществ в воздушной среде горных выработок. В зависимости от установленной измерительной ячейки газоанализатор имеет возможность измерять концентрацию какого-либо одного вещества, в данном случае NO, ячейка TX6350.259 0...50ppm или H<sub>2</sub> ячейка TX6350.261 0...1000ppm. Газоанализатор интегрируется в сеть Strata CommTrac, и передает данные по сети на поверхность, для отображения на экране АРМ горного диспетчера. На экране отображается положение газоанализатора на плане горизонта, концентрация опасного вещества, состояние батареи. Также, предусмотрена аварийная сигнализация при превышении заданного порога концентрации опасного вещества.



Рисунок 2.12 – Газоанализатор Trolex Sentro 1

В связи с тем, что плотность  $\text{NO}$  по воздуху не превышает 1,5 (значение около 1,035), отсутствует необходимость размещения газоанализаторов у почвы выработки (при плотности исследуемого газа по воздуху более 1,5 необходимо размещение на высоте 0,5м). В случае измерения концентрации горючих газов легче воздуха, в том числе водорода, рекомендуется установка приборов в местах потенциального выброса, либо в карманах, в которых возможно скопление газов. В связи с тем, что газоанализаторы устанавливаются в выработках, не имеющих явно выраженных карманов, а также проветриваемых с достаточной интенсивностью, рекомендуется установка на высоте 1,3-1,5м, для измерения концентрации в середине потока, и для удобства наблюдения/обслуживания. Также, в связи с тем, что газоанализатор работает в самоорганизующейся сети, и не требует внешних соединений и питающих линий, существует возможность его перемещения для контроля концентраций горючих и опасных газов в любом месте выработки (например, непосредственно под кровлей).

**Поисковая система для обнаружения персонала под завалом.** Оборудование позволяет вести поиск меток людей, застигнутых аварией, находящихся в завале под слоем породы [3]. Система поиска автономна и работоспособна при неисправности или разрушения системы позиционирования.

Общая информация:

- Область поиска до 30 метров в подземных условиях;
- Класс взрывозащиты «Ex ia I»;
- Степень защиты корпуса IP-65;
- Время работы до 3,5 часов;
- Соответствует требованиям промышленной безопасности РК – При введении спасательных работ необходимо определение местонахождения человека и его обнаружение под завалами горной массы с погрешностью не больше 2 м в течении 2 сут.



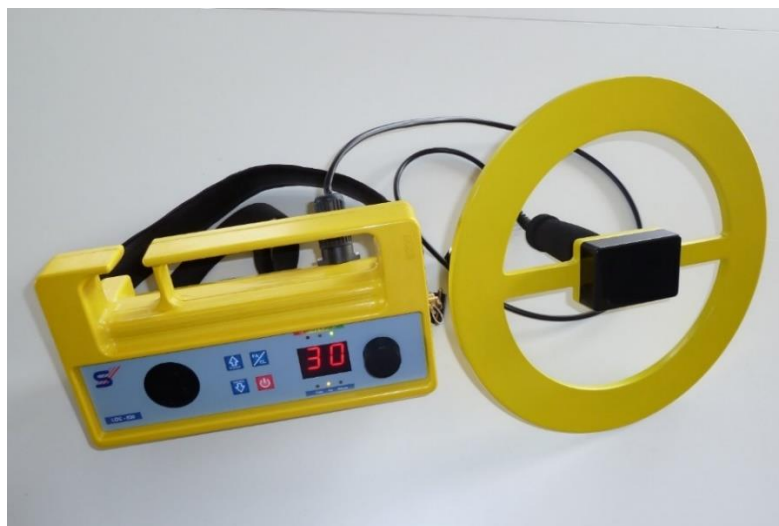


Рисунок 2.13 – Оборудование поиска персонала под завалом

Руководство по проведению поиска:

- Установить режим поиска в позицию „FAR“;
- Перемещать антенну в полусфере на вытянутой руке;
- Остановиться в позиции, где из динамика доносится пульсирующий тон и плавно уменьшать мощность передачи (практически на грани потери ответного тона);
  - С помощью вращения антенны в кистевом суставе установить положение антенны, при котором сигнал еще будет слышен с минимальной мощностью передачи;
  - Направиться в направлении вытянутой руки, уменьшив мощность, и повторить предыдущие 3 шага;
  - Когда до ТАГа останется менее 7-ми метров, то тон из динамика изменится на постоянный; чем ближе к ТАГу, тем выше частота тона;
  - При расстоянии от одного метра следует производить визуальный поиск.

**Система предотвращения наездов и столкновений.** Система предотвращения наездов и столкновений строится на базе оборудования HazardAvert компании Strata Worldwide. В состав системы HazardAvert входят пять основных компонентов:

- Модуль предупреждения сближения;
- Автомобильный модуль предупреждения;
- Модуль интерфейса;
- Индивидуальный сигнализатор (ИС);
- Блок катушки в сборе.

**Модуль предупреждения сближения.** Модуль предупреждения сближения - это главный компонент системы HazardAvert. Модуль создает электромагнитное поле, используемое для определения границ опасных

рабочих участков. Модуль предупреждения сближения состоит из микропроцессорной схемы, автомобильного сигнального устройства (АСУ), в которое входит приемник частотой 73 кГц и передатчик, который можно настраивать в диапазоне от 902 МГц до 925 МГц (в зависимости от месторасположения вашей шахты), и радиоприемника УВЧ (от 902 МГц до 925 МГц), который получает информацию о состоянии от всех индивидуальных средств оповещения в определенных зонах. Частота поля модуля предупреждения сближения составляет 73 кГц, это оптимальная частота для магнитных полей, используемых в качестве маркеров. Размер маркирующего поля основан на количестве энергии, выделяющейся модулем предупреждения сближения.



Рисунок 2.14 – Модуль предупреждения сближения и модуль, установленный на транспорте

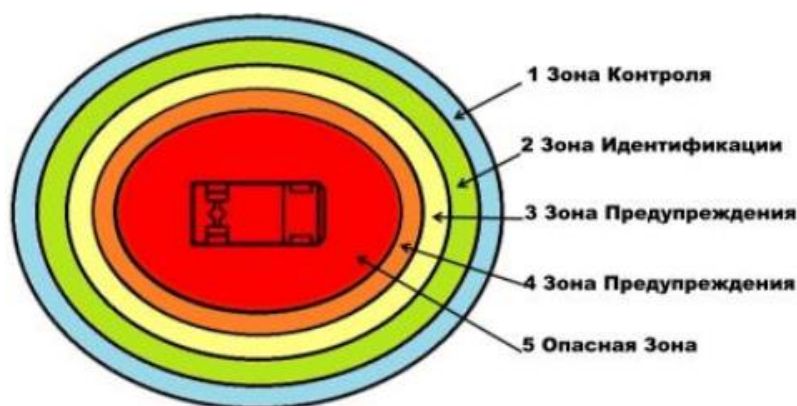


Рисунок 2.15 – Все возможные зоны вокруг транспорта

Модуль предупреждения сближения проектирует эллиптическое маркирующее поле на расстоянии до 23 метров от своего центра. Размер можно настраивать в случае необходимости. Маркер используется в концентрическом многослойном расположении. Эти слои называются зонами. Все возможные зоны - Зона Идентификации, Зона Контроля, Зона Предупреждения 1, Зона

Предупреждения 2 и Опасная Зона. Некоторые имеющиеся зоны (Зона Идентификации и Зона Контроля) прозрачны для пользователя, в которых пользователь не получает обратную связь от сигнала о том, что он находится в этих зонах. Зона Идентификации и Зона Контроля используются для определения диапазона маркирующего поля и радиосигналов, регистрации данных шахтера и выполнения других учетных функций. Зоны, которые подают сигнал при входе в них, это Зона Предупреждения и Опасная Зона. Зона Предупреждения предупреждает пользователя о том, что он находится рядом с потенциально опасным местом. Опасная Зона подает сигнал, когда работник или транспортное средство входит в самую дальнюю зону, которая включает в себе самое опасное место вокруг машины. Размеры Опасной Зоны и Зон Предупреждения устанавливает руководство шахты и сотрудники отдела техники безопасности в соответствии с политиками компании по технике безопасности. Руководство шахты также определяет, какие использовать зоны для замедления или остановки движущихся транспортных средств и машин.

При установке модуля предупреждения сближения его устанавливают сверху машины, в центре нужного поля. Установщик внимательно выбирает место, которое уменьшит вероятность подверженности модуля недопустимому механическому воздействию или высоким уровням электрического шума. Небольшие машины, как правило, оборудованы одним модулем предупреждения сближения, а большие транспортные средства и машины чаще всего оборудованы двумя модулями предупреждения сближения. Один модуль предупреждения сближения создает одно эллиптическое поле. С использованием двух модулей может создаваться поле определенной формы, то есть, большое в одном конце и поменьше в другом. Большое поле в основном используется для большей опасной зоны вокруг машины.

Модули предупреждения сближения оснащены тремя сигнальными СИД-лампочками, которые сигнализируют пользователю о работе устройства и сближении передвигающегося работника или движущегося транспорта с машиной.

Сигналы:

- Синий – включен;
- Желтый - работник с ИС или движущийся транспорт с системой в Зоне Предупреждения;
- Красный - работник с ИС или движущийся транспорт с системой в Опасной Зоне.

**Автомобильный модуль предупреждения (АМП).** Назначение АМП - предупреждать оператора машины о присутствии людей или транспорта в границах зоны предупреждения или опасной зоны его машины. АМП устанавливается в кабине транспортного средства или в месте, где оператор проводит больше времени. АМП устанавливают в месте, четко видимом для оператора. АМП состоит из звукового сигнала (звуковой сирены) и сигнальных СИД-лампочек.



Рисунок 2.16 – Автомобильный модуль предупреждения

Когда работник или транспортное средство входит в зону предупреждения, АМП подает три коротких пищащих сигнала, и мигает красная лампочка. Когда работник или транспортное средство входит в опасную зону, АМП подает устойчивый звуковой сигнал, и постоянно горит красная лампочка. Если модуль предупреждения сближения неправильно создаст поле, АМП подает три звуковых сигнала, и замигает красная лампочка, предупреждая оператора.

**Индивидуальный Сигнализатор (ИС).** ИС носят передвигающиеся рабочие. Его назначением является предупреждать рабочих о вхождении в зону предупреждения или опасную зону. Обычно ИС носят на каске. ИС - компактное, легкое, очень точное, многоосевое, микропроцессорное устройство, измеряющее магнитное поле. Включает в себя УВЧ-радиопередатчик, который взаимодействует с модулем предупреждения сближения [4]. ИС измеряет магнитуду магнитного поля модуля предупреждения сближения и определяет расстояние до модуля предупреждения сближения. Также ИС передает модулю предупреждения сближения идентификационные данные ИС, информацию о батарее, данные о статусе и целостности в целях учета. ИС содержит батарею и заряжается каждый день перед началом смены. ИС следует ежедневно проверять на станции проверки или путем использования транспортного средства или машины, оборудованных системой HazardAvert, для обеспечения правильной работы. ИС выдает те же предупредительные сигналы, что и АМП: когда работник входит в зону предупреждения, ИС подает три коротких пищащих сигнала, и мигает красная лампочка. Когда работник входит в опасную зону, ИС подает устойчивый звуковой сигнал, и постоянно горит красная лампочка.



Рисунок 2.17 – Поверхностный индивидуальный сигнализатор

**Модуль интерфейса.** Модуль интерфейса находится внутри кабины транспортного средства или в месте, где работает оператор машины. Модуль подает сигнал, который блокирует систему сигнализации в очень маленькой и конкретной зоне вокруг оператора, когда он находится в кабине.

Назначение модуля интерфейса - предотвращение непрерывной сигнализации от ИС оператора, пока он находится в кабине или зоне оператора. Если оператор выйдет из кабины/зоны оператора, ИС, как обычно, начнет подавать сигнал, предупреждая оператора о зоне предупреждения и опасной зоне. Независимо от того, находится ли ИС оператора в тихой зоне или нет, ИС продолжает посылать данные в модуль предупреждения сближения для ведения учета.



Рисунок 2.18 – Модуль интерфейса

**Светофорное регулирование (СЦБ).** Для организации движения внутришахтного транспорта предусмотрено внедрение системы автоматизированного светофорного регулирования. Система строится на основе контроллеров со встроенным ИБП, аналогично системе передачи данных, рассмотренной выше, но с организацией отдельной независимой сети, подключаемой на каждом горизонте к магистральному кабелю передачи данных

(для месторождения Первомайское – к кабелю на горизонт плюс 160, проложенному по транспортному уклону и около вспомогательного ствола, для месторождения 21 – к магистральному кабелю у устья штольни и на горизонте плюс 60 у лифтового восстающего). Для подключения к магистральному кабелю используются коммутаторы системы позиционирования и передачи данных. Контроллер светофоров AS-TLC-BBR1B26I2M1 представляет собой законченное устройство для управления двухцветным (красный/зелёный) светофором. Устройство выпускается в рудничном нормальном исполнении, состоит из основного шкафа, в котором установлен ИБП, контроллер светофора и коммутатор для соединения с сетью, и от 1 до 4 считывателей (активных антенн), присоединяемых кабелем «витая пара». Каждый считыватель представляет собой пару антенн, разнесённых примерно на 20м, для определения направления прохождения метки. Считыватели устанавливаются на бортах выработки для взаимодействия с метками, устанавливаемыми на подвижной технике. Расположение считывателей выбирается из расчёта определения занятости блок-участка, расположенного между считывателями. Так как организация блок-участков осуществляется на программном уровне, можно задавать, а также изменять любую их конфигурацию, независимо, к какому контроллеру в пределах сети присоединены считыватели.

В качестве светофоров используются САМЕ С0000710.



Рисунок 2.19 – Светофор САМЕ

Технические характеристики:

- Модель: С0000710;
- Тип: Светофор;
- Количество секций: 2;
- Электропитание: 24 В ± 10%;



- Масса: 1,95 кг;
- Цвет ламп: зелёный, красный;
- Энергопотребление: 3 Вт;
- Средний срок службы светодиодов: 100 000 ч;
- Регулировка положения светофора: есть, 100° влево/вправо;
- Класс защиты: IP 65;
- Производитель: САМЕ;
- Страна производитель: Италия.

### 2.3 Определение структуры шахты

Шахта можно назвать подземным городом, они имеют много этажей под землей, это шахтеры называют горизонтами, также для устранения запыленности и проветривания используются вентиляция, вскрытие шахт производится стволами. Стволы – это такие горные выработки, которые предназначены для спуска в шахты рабочих, техники, оборудования, а также для подъема добытых полезных ископаемых, для проветривания и т.д. На рисунке 2.20 представлена структура шахты на горизонте плюс 160 м с планом расположения всех оборудования.

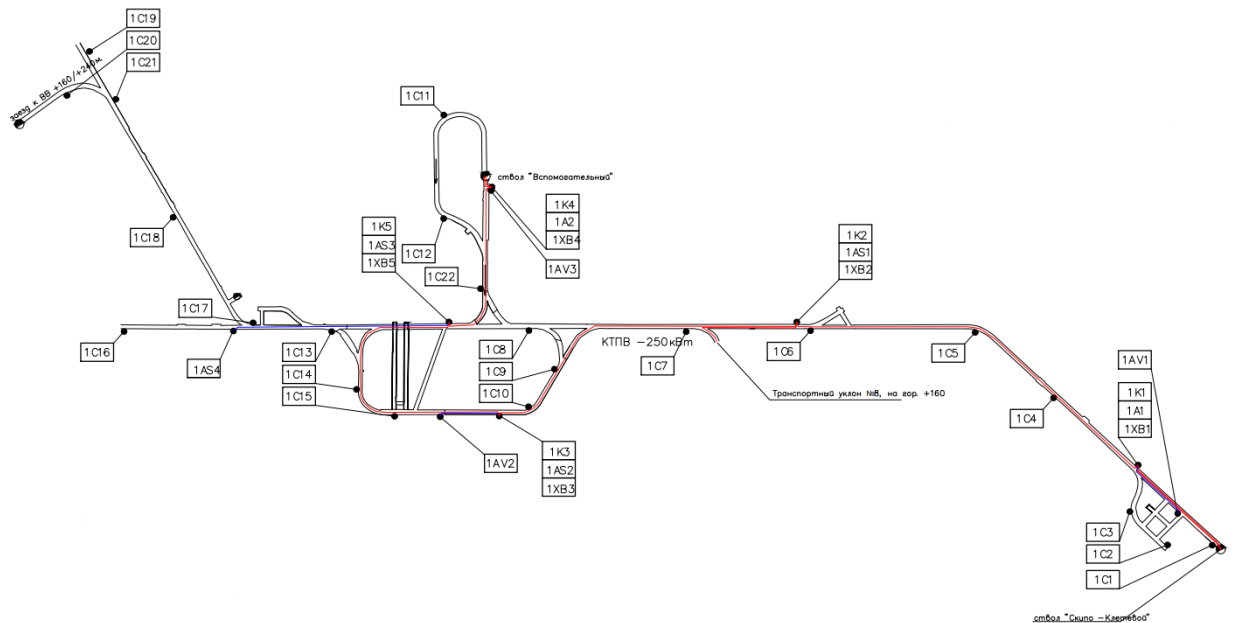


Рисунок 2.20 – План расположения оборудования на горизонте плюс 160 м

Как видно на рисунке 2.20, шахты на горизонте плюс 160 м была вскрыта стволами «Вспомогательной» и «Скипо-Клетевой». Также на данном рисунке 2.20, показан план расположения оборудования, спецификация этих оборудования занесена в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Спецификация оборудовании и материалов

№	Обозначение	Наименование	Количество	Примечание
1	1AV1 ... 1AV3	Видеокамера Dahua	3	
2	1A1 ... 1A2	Соединительный модуль Wifi	2	
3	1C1 ... 1C22	Соединительный модуль SC - C	22	
4	1XB1 ... 1XB5	Шкаф кроссовый	5	
5	1K1 ... 1K5	Коммутатор	5	
6	1AS1 ... 1AS4	Точка доступа AS-AP	4	

## 2.4 Разработка нейронной сети для точного позиционирования

В основе нейронных сетей или искусственных нейронных сетей (ИНС) лежит понятие нейрона, как блока обработки сигналов в мозгу. Нейрон характеризуется как блок, имеющий большое количество входов (дендритов) и один выход (аксон). Между дендритами и ядром включены ячейки (синапсы), которые либо усиливают, либо ослабляют сигналы, поступающие по дендритам [5]. Структура нейрона представлена на рисунке 2.21.

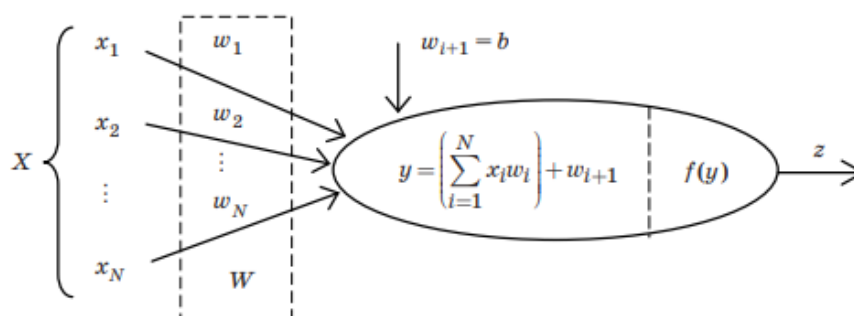


Рисунок 2.21 – Структура нейрона

На вход нейрона подается некоторое количество сигналов, каждый из сигналов взвешиваются, то есть умножаются на синаптическую силу и уровень активации нейрона будет зависеть от суммы этого произведения двух составляющих [6].

Искусственная нейронная сеть представляет собой объединенную подборку этих нейронов. Подавая на вход любое множество сигналов на выходе получаем некоторый набор чисел. Следовательно, нейронная сеть вступает в качестве преобразователя входных данных на выходные или целевые данные, заданных весами нейронной сети.

Благодаря своей универсальности нейронные сети применяются сегодня в различных областях: классификация, кластеризация, прогнозирование и т.п. В



последние годы нейросетевые технологии все больше применяются в задачах управления, в том числе и автоматизированного управления технологическими процессами [7].

**Постановка задачи.** Для повышения точности системы позиционирования персонала и транспорта, необходимо синтезировать интеллектуальную нейронную сеть.

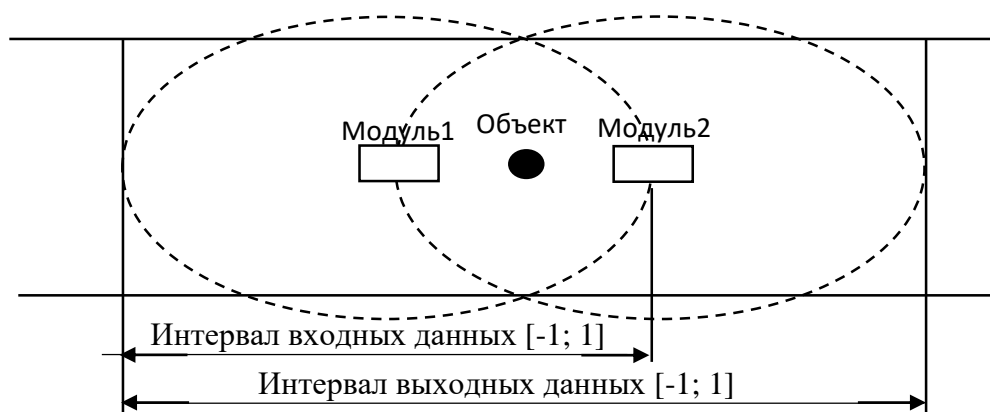


Рисунок 2.22 – Структура определения местоположения

Погрешность разработанной системы позиционирования персонала и техники составляет  $\pm 20$  м, следовательно, для повышения точности этой системы было принято решение синтезировать нейронную сеть.

Принцип определения местоположения персонала и техники основана на повышении интенсивности принимаемого сигнала, при приближении объекта к модулю, за счет этого и определяется местоположение человека или техники. На рисунке 2.22 представлена структура определения местоположения с указанием месторасположения модулей и их диапазона охвата.

Нейронная сеть будет состоять из двух входных данных и одного целевого выхода. Входными данными в данной нейронной сети выступает интенсивность сигнала от двух модулей. Интенсивность принимаемого сигнала колеблется между  $[-1; 0; 1]$ , самая высокая интенсивность наблюдается при сигнале 0. Выходными данными сети являются координаты человека или транспорта. Интервал выходных или целевых данных  $[-1; 1]$ . Координаты находятся в зависимости от расстояния объекта до модулей. Например, выходной сигнал «-1», означает что человек находится на расстоянии 100 м от модуля1 и 200 м от модуля2. «0», означает что человек находится на 50 м от модуля1 и 50 м от модуля2.

Для построения нейронной сети будут использоваться программа Matlab, а именно графический интерфейс NNtool. Обучающие данные нейронной сети представлены на таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Обучающие данные нейронной сети

№ эксперимента	Интенсивность модуля1	Интенсивность модуля2	Координаты объекта
1	-0.9	1	-1
2	1	-0.9	1
3	0.5	0.5	0
4	0	0.9	-0.3
5	0.9	0	0.3
6	-0.5	1	-0.7
7	1	-0.5	0.7
8	-0.8	1	-0.9
9	-0.6	1	-0.8
10	1	-0.8	0.9
11	1	-0.6	0.8
12	0.25	0.75	-0.25
13	0.15	0.85	-0.175
14	0.75	0.25	0.25
15	0.85	0.15	0.175

Для начала работы необходимо открыть графический интерфейс NNtool для этого в командном окне Matlab необходимо прописать команду «nntool». Далее в появившемся интерфейсе необходимо задать входные и выходные параметры, а также создать нейронную сеть, для этого необходимо нажать на опцию «New». Графический интерфейс «NNtool» представлен на рисунке 2.23.

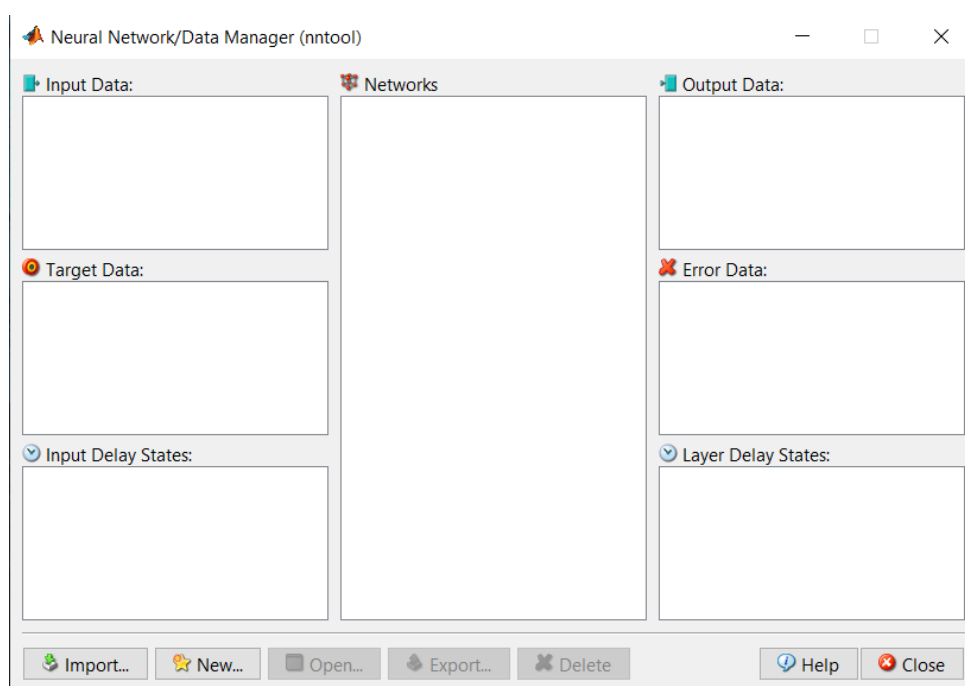


Рисунок 2.23 – Графический интерфейс «NNtool»

Далее необходимо ввести входные и целевые данные выбирая соответственно подраздел «Data», для входных данных выбирается тип данных «Inputs» (входные), а далее заносится все входные данные, после этого нужно создать на базе «NNtool» эти входные данные для этого нужно кликнуть по опции «create». Внесение целевых или выходных данных производится тем же способом, как и внесение входных, но выбирается тип данных «Targets». Примеры внесения данных представлено на рисунках 2.24, 2.25.

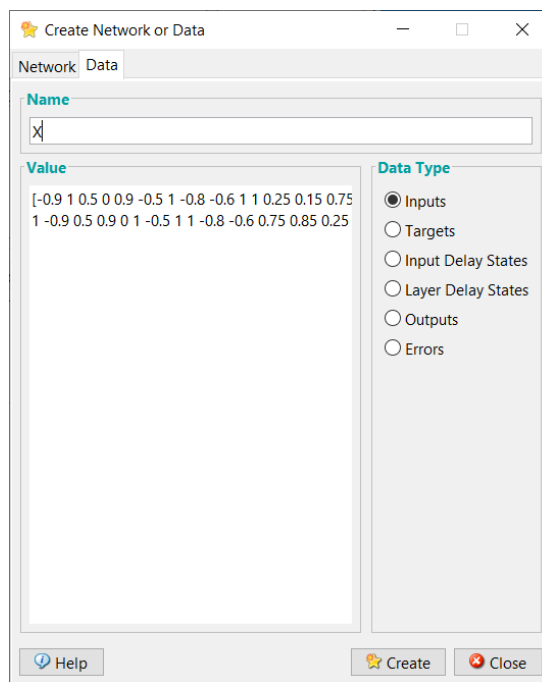


Рисунок 2.24 – Задание входных векторов

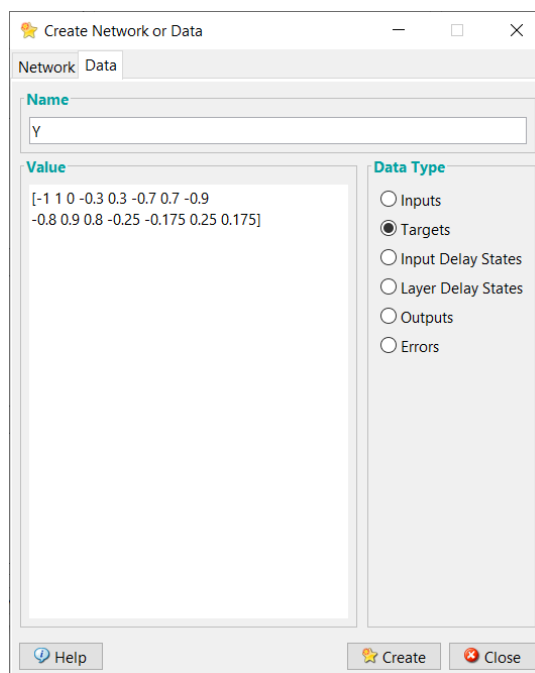


Рисунок 2.25 – Задание целевого вектора

После введения данных необходимо создать нейронную сеть. Тип нейронной сети, тип прямого распространения сигнала, обучение сети производится методом обратного распространения ошибки «trainlm», функция изменения весов «learngdm», измерение ошибки «MSE». Имеются два слоя, первый слой с 10 нелинейными сигмоидальными нейронами, второй с одним линейным нейроном.

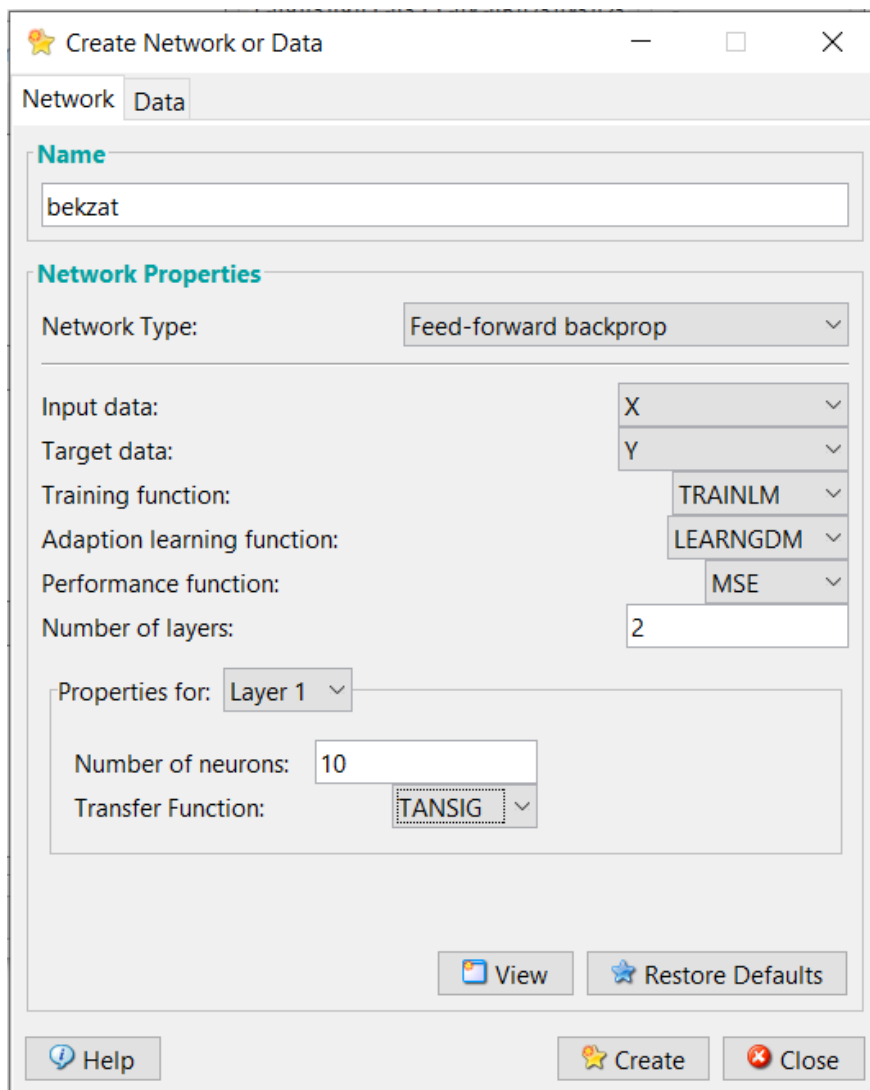


Рисунок 2.26 – Создание нейронной сети

С помощью опции «View» можно подробно рассмотреть построенную архитектуру нейронной сети имеющего два слоя, первый слой с 10 нелинейными сигмоидальными нейронами, второй с одним линейным нейроном. Архитектура нейронной сети представлена на рисунке 2.27. В результате проделанных операций в разделе «Networks» (сети) главного окна NNTool появится нейронная сеть с указанным именем.

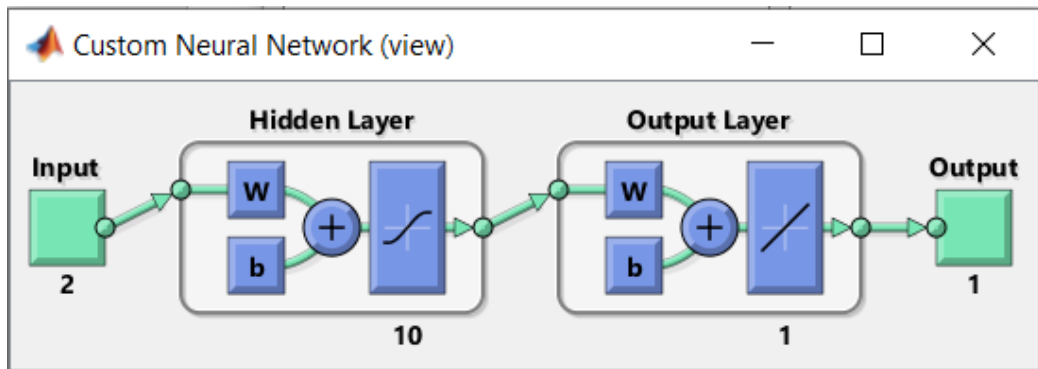


Рисунок 2.27 – Архитектура нейронной сети

Для достижения цели сеть необходимо должным образом обучить нейронную сеть, то есть подобрать подходящие значения параметров. Для этого нужно открыть созданную сеть, выбрать раздел «train», указать входные и выходные данные, а также параметры по которому обучается сеть, желаемую погрешность сети, количество циклов (эпох) и тд. Далее можно обучить сеть.

The screenshot shows the 'Network: bekzat' window with the 'Training Parameters' tab selected. The parameters are as follows:

showWindow	true	mu	0.001
showCommandLine	false	mu_dec	0.1
show	25	mu_inc	10
epochs	1000	mu_max	10000000000
time	Inf		
goal	0		
min_grad	1e-07		
max_fail	6		

At the bottom right, there is a button labeled 'Train Network'.

Рисунок 2.28 – Параметры обучения нейронной сети

Чтобы начать обучение, нужно нажать кнопку "Train Network" (обучить сеть). После этого, если в текущий момент сеть не удовлетворяет ни одному из условий, указанных в разделе параметров обучения (Training Parameters), появится окно, иллюстрирующее динамику целевой функции - кривую обучения. Кривая обучения представлена на рисунке 2.30.

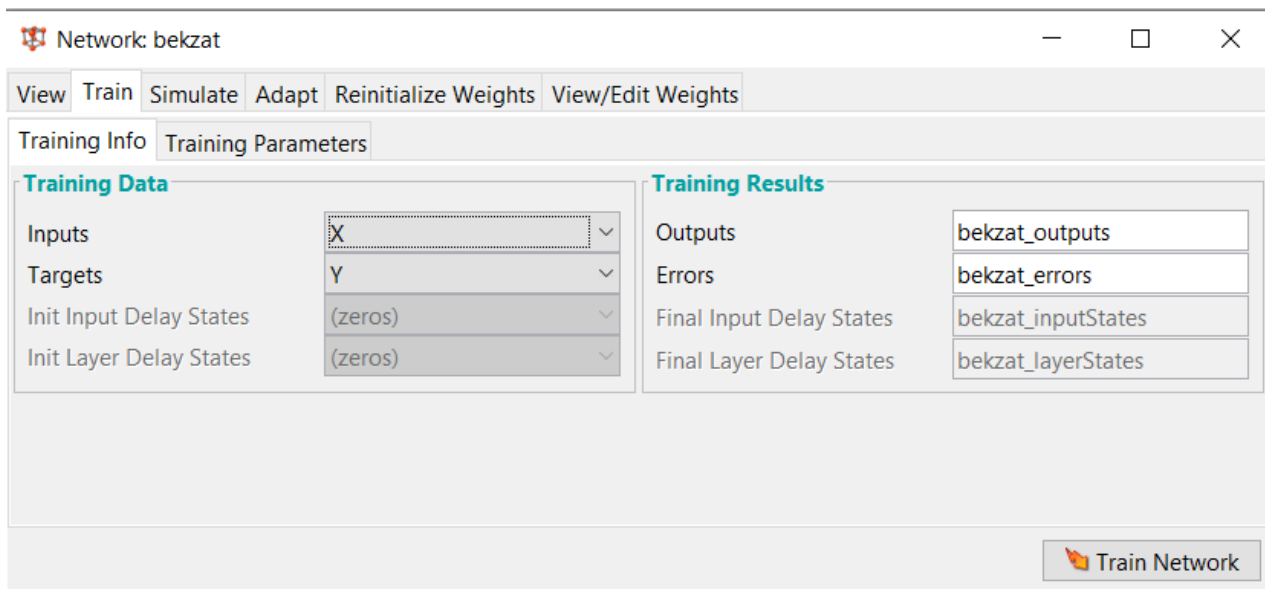


Рисунок 2.29 – Окно обучения сети

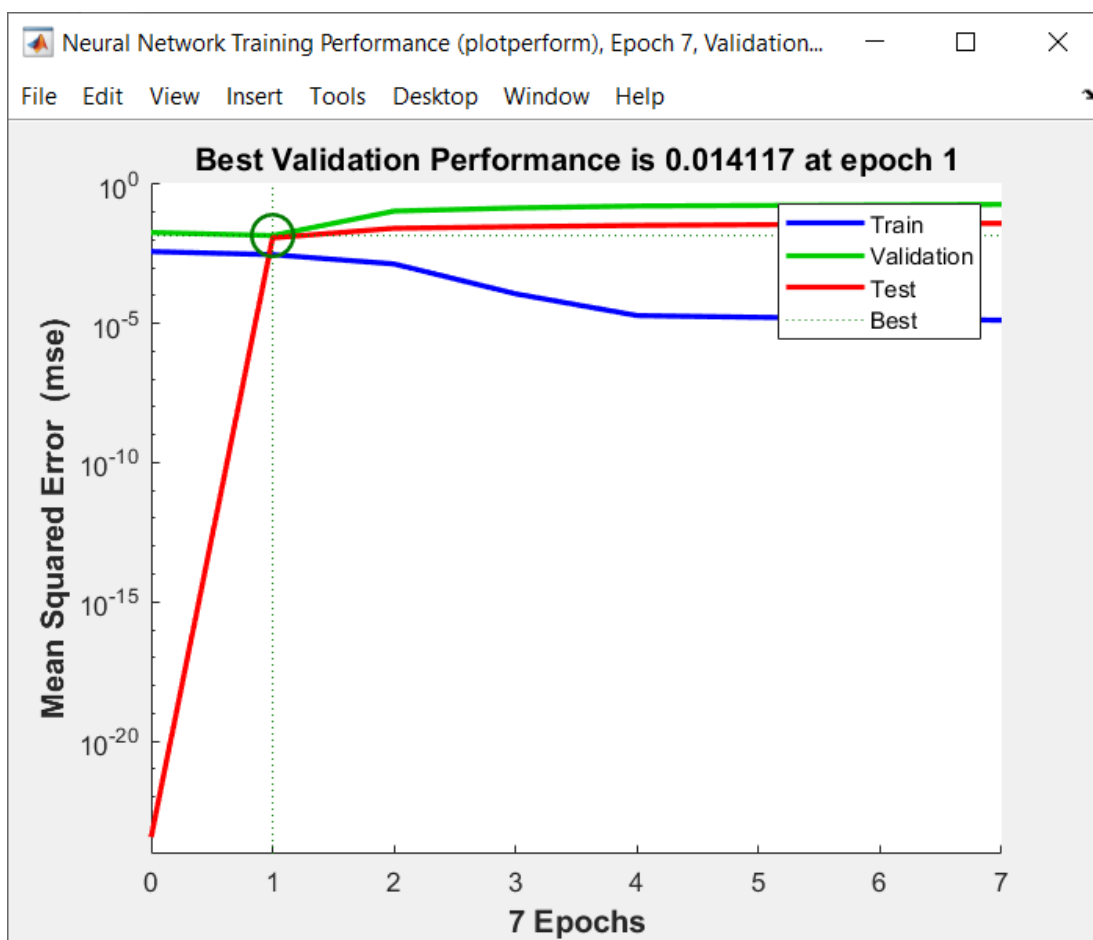


Рисунок 2.30 – Кривая обучения

Следовательно, таким образом алгоритм обучения находит точное решение задачи. Далее необходимо убедиться в правильности решения задачи

путём прогона обученной сети. Для этого необходимо открыть вкладку «Simulate» (симуляция) и выбрать в выпадающем списке «Inputs» (входы) заготовленные данные, а также выбрать целевой вектор.

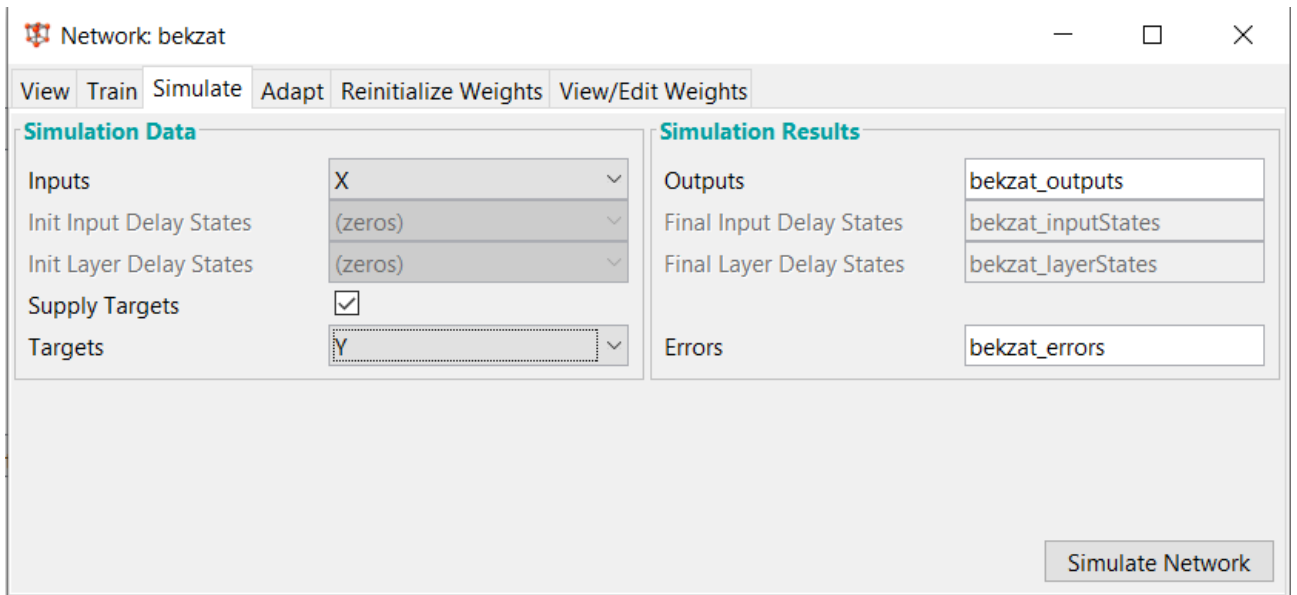
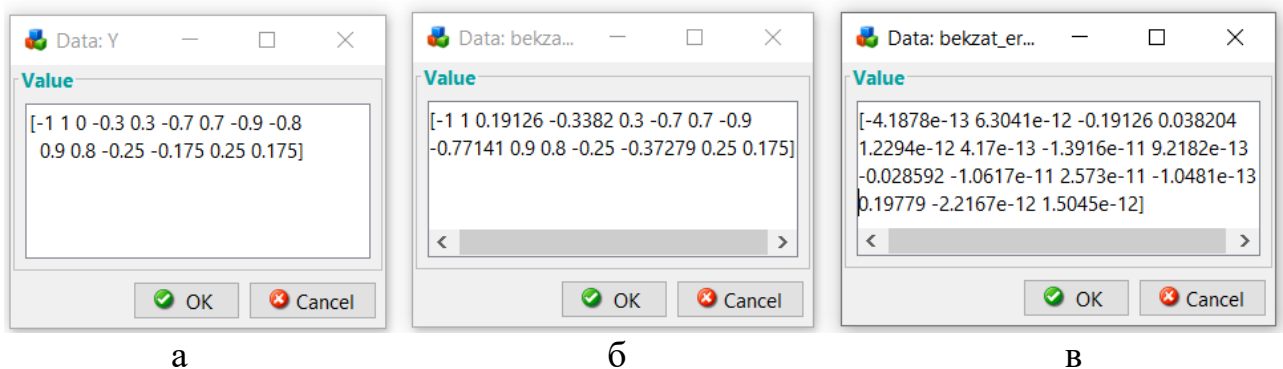


Рисунок 2.31 – Вкладка симуляции сети

После проведения симуляции можно проверить результаты нейронной сети, сравнить с желанным выходом, посмотреть ошибки.



а) желаемый выход; б) результаты нейронной сети; в) погрешности сети  
Рисунок 2.32 – Результаты сети

Как видно на рисунке 2.32, результаты почти что совпадают, погрешности очень незначительны.

Для понимания эффективности интеллектуальных нейронных сетей необходимо рассмотреть еще несколько нейронных сетей и провести сравнение этих сетей в целях определения более точной сети. Кроме нейронной сети прямого распространения, рассмотрим еще тип нейронной сети персептрон и радиальную нейронную сеть.

Перцептрон – это одна из простейших нейронных сетей, состоящая из трех последовательно соединенных общества нейронов, оно включает в себя чувствительные элементы (S) – сенсорные нейроны, ассоциирующие элементы (A) – специализированные зрительные центры в коре мозга, реагирующие элементы (R) – моторные нейроны, подающие управляющие сигналы [8]. Перцептрон еще называют однослойной сетью, многослойный перцептрон это и есть сеть прямого распространения сигнала. Радиальная нейронная сеть – это двухслойная сеть прямого распространения сигнала, она является универсальным аппроксиматором [9].

Создание нейронной сети перцептрон производится по тому же способу что и сеть прямого распространения с помощью графического интерфейса «NNtool». При выборе типа нейронной сети необходимо выбрать тип «Perceptron» (перцептрон). Далее все идет по той же последовательности. Структура сети представлена на рисунке 2.33.

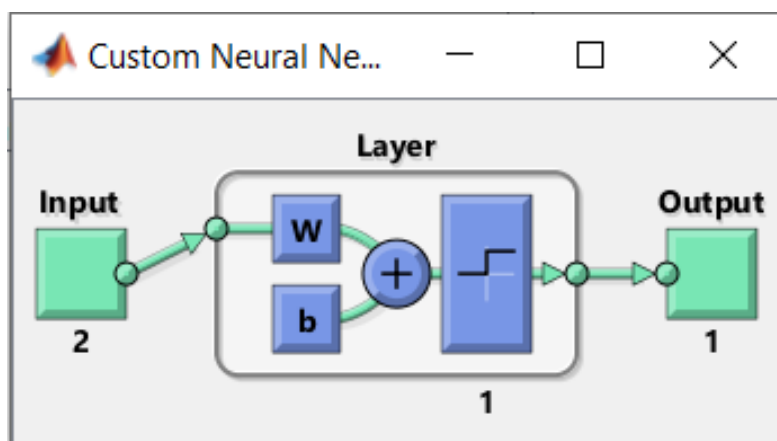


Рисунок 2.33 – Архитектура сети перцептрон

Создание радиальной сети осуществляется с помощью командной строки Matlab.

Листинг программы:

```
P = {[-0.9 1 0.5 0 0.9 -0.5 1 -0.8 -0.6 1 1 0.25 0.15 0.75 0.85; 1 -0.9 0.5 0.9 0 1 -0.5 1 1 -0.8 -0.6 0.75 0.85 0.25 0.15]}; % входные данные
```

```
T = {-1 1 0 -0.3 0.3 -0.7 0.7 -0.9 -0.8 0.9 0.8 -0.25 -0.175 0.25 0.175}; % целевой выход
```

```
GOAL = 0; % допустимый предел ошибки
```

```
SPREAD = 0.25; % ширина «окна» RBF-функций
```

```
net = newrb(P, T, GOAL, SPREAD); % создание радиальной сети
```

```
Y = sim(net, P);
```

Результаты нейронных сетей, прямого распространения, перцептрон и радиальной нейронной сети представлены в таблице 2.3. Для сравнения выходных данных нейронных сетей используется средняя абсолютная погрешность (2.1), а также средняя квадратичная погрешность (2.2).



$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_{ucx} - Y|, \quad (2.1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{ucx} - Y)^2}. \quad (2.2)$$

Таблица 2.3 – Сравнение результатов нейронных сетей

Целевой выход	Нейронная сеть персептрон	Нейронная сеть прямого распространения сигнала	Радиальная нейронная сеть
-1	0	-1	-1
1	1	1	1
0	0	0.1913	0.00000066
-0.3	0	-0.3382	-0.3
0.3	0	0.3	0.3
-0.7	0	-0.7	-0.7
0.7	1	0.7	0.7
-0.9	0	-0.9	-0.9
-0.8	0	0.7714	-0.8
0.9	1	0.9	0.9
0.8	1	0.8	0.8
-0.25	0	-0.25	-0.25
-0.175	0	0.3728	-0.175
0.25	0	0.25	0.25
0.175	0	0.175	0.175
Ошибки			
MAPE	0.3633	0.1566	0.00000044
RMSE	0.3713	0.3351	0.00000132

По таблице видно, что при создании нейронных сетей необходимо выбирать правильный тип нейронной сети, видно, что радиальная нейронная сеть имеет явное преимущество перед другими нейронными сетями, из трех сетей оно является самой наилучшей и адекватной сетью, его погрешность очень минимальная, можно считать, что погрешность вообще отсутствует. Следовательно, использование радиальной нейронной сети в системах позиционирования может увеличить точность определения системы в несколько раз.

## 2.5 Разработка системы управления внутришахтным движением транспорта

Stateflow – это графический инструмент, с помощью которого можно моделировать гибридные системы, пользовательский интерфейс, планировать задачи, создавать диспетчерские управления, комбинаторные логики [10].

Нынче для моделирования таких систем используют метод визуального формализма Statechart. Оно состоит из нескольких блоков, графического и неграфического. К графическому относятся переход и состояние, к неграфическому, действие и событие [11].

Событие – что-то требующее ответных действий, которое происходит вне изучаемой системы, они могут вызываться какими-то задающими сигналами пользователя или сигналами иной части системы, также их срабатывание происходит мгновенно.

Действие – ответная реакция на происходящее, то есть на событие, они тоже производятся мгновенно.

Состояние – ситуация в котором, системы находится в течении некоторого времени.

Переход – простыми словами это изменение состояния, которая вызывается неким существенным событием. К переходу могут сопоставлять условия, в процессе выполнения которого будет осуществляться переход [12].

**Постановка задачи.** Для качественного управления движением подземного транспорта, необходимо разработать систему управления внутришахтным движением транспорта.

В шахте, в качестве перевозки добываемого ресурса используются грузовые машины. На дороги шахты вмещается при движении только одна грузовая машина, поэтому для качественной регулировки этой ситуации роют так называемые карманы, места где машины будут ожидать пока одна машина не проедет по дороге, также заполнять ресурсы и тд. Так как на дороги помещаются только один транспорт, на дорогах возникают некоторые сложные ситуации при пересечении двух грузовых транспортов. Поэтому, чтобы качественно управлять движением транспорта, необходимо создать систему управления движением транспорта, а именно светофор. Дороги шахты сделаны с неким наклоном, поэтому на дорогах больше предпочтения дается машине, которая вывозит полезное ископаемое, то есть движется вверх по наклону.

Система управления движением транспорта осуществляется на среде Matlab, Simulink, на инструменте Stateflow.

На рисунке 2.34 представлена модель системы управления движением подземной техники.

Модель состоит из нескольких пунктов:

- Датчиков, фиксаторов спускающихся, груженых машин;
- Датчиков оповещения персонала;
- Светофора (3 светофора).

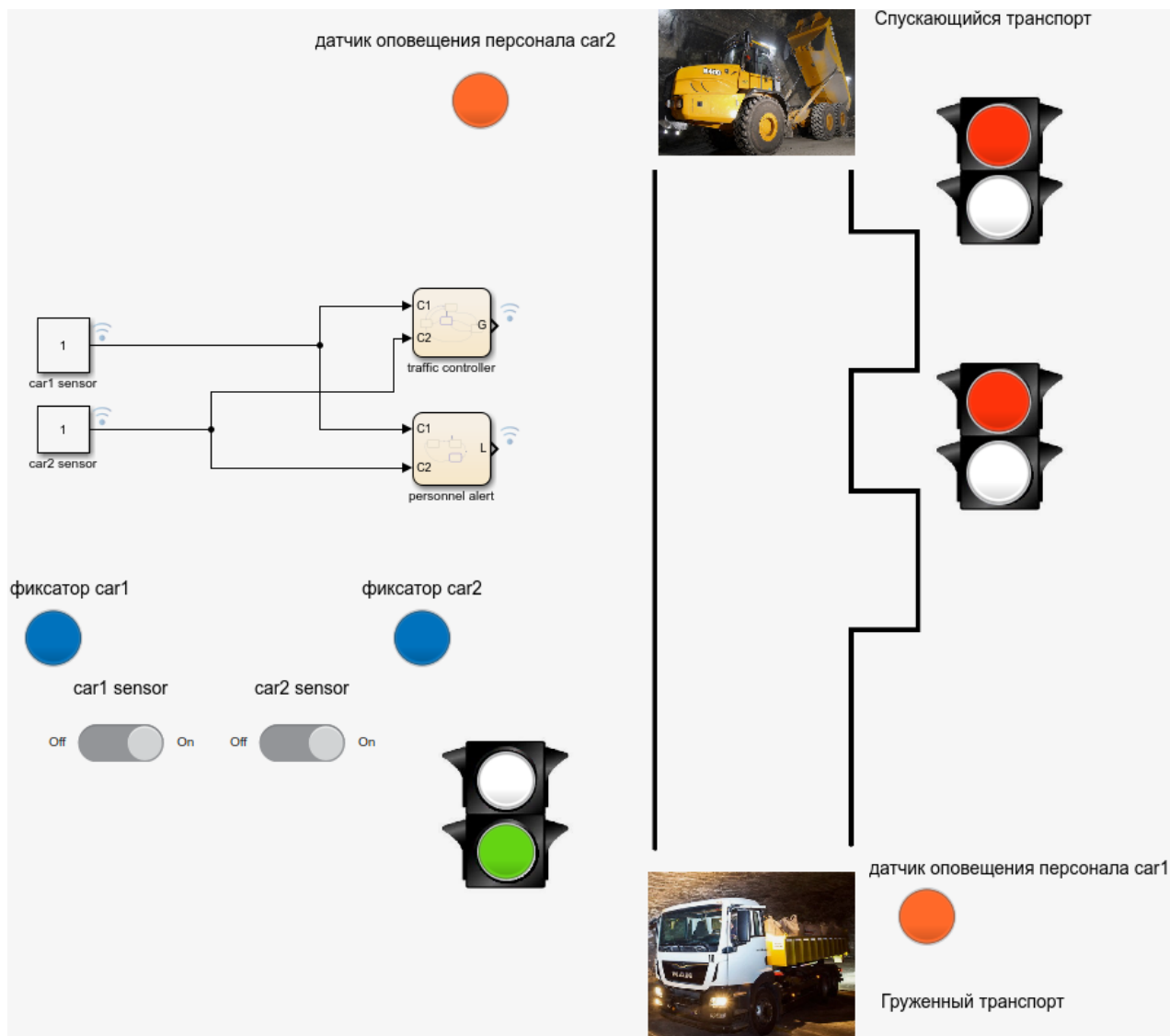


Рисунок 2.34 – Модель системы управления движением транспорта

**Принцип работы системы управления движением транспорта.** Система состоит из двух подсистем: системы управления транспортом и системы оповещения персонала. Система с помощью датчиков фиксирования определяет присутствие машины на дороге, эти датчики передают сигнал на светофоры и тем самым светофор управляет движением техники. Имеется несколько случаев развития события.

Если датчик фиксируют на дороге, либо грузенную, либо спускающуюся машину, то есть на дороге едет только одна машина то ехавшему транспорту дается зеленый свет. Если датчики фиксируют и грузенную и спускающуюся машину, то датчики оповещения будут давать сигнал водителям машин, что перед ними есть машина и что в течении 10 секунд водителю, ехавшей вниз по наклону транспорта, необходимо въехать в карман, так как зеленый свет дается грузенной, поднимающейся по наклонной машине. Происходит это из-за того, что на дороге больше предпочтения дается грузенной машине. Когда сигнал отсутствует система переходит в нейтральное состояние.

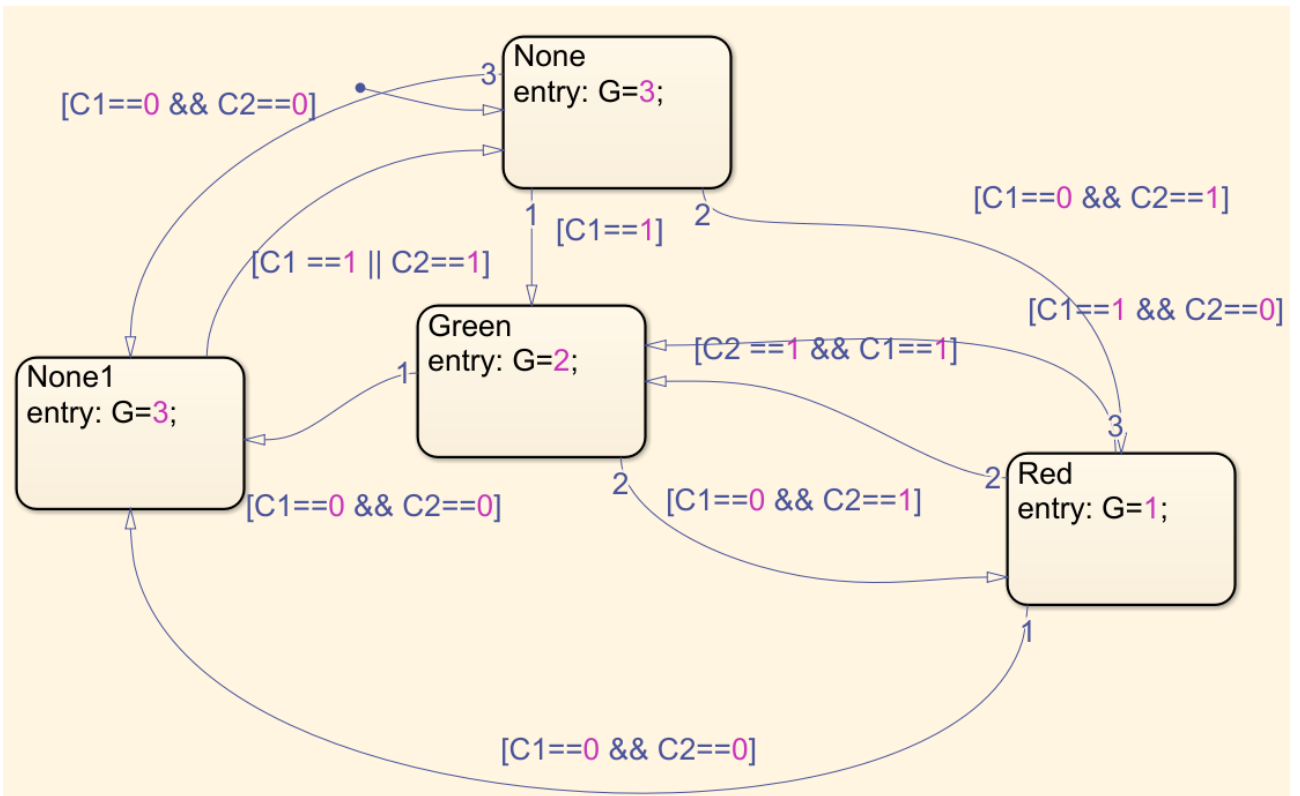


Рисунок 2.35 – Структура логики системы управления транспортом

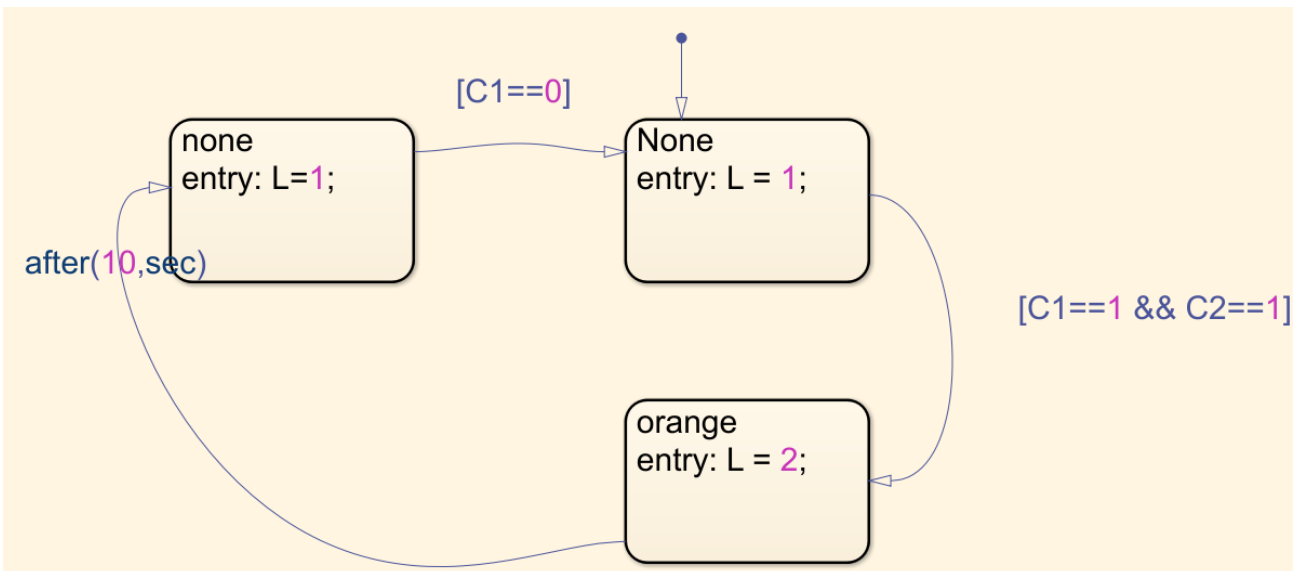


Рисунок 2.36 – Структура логики оповещения персонала

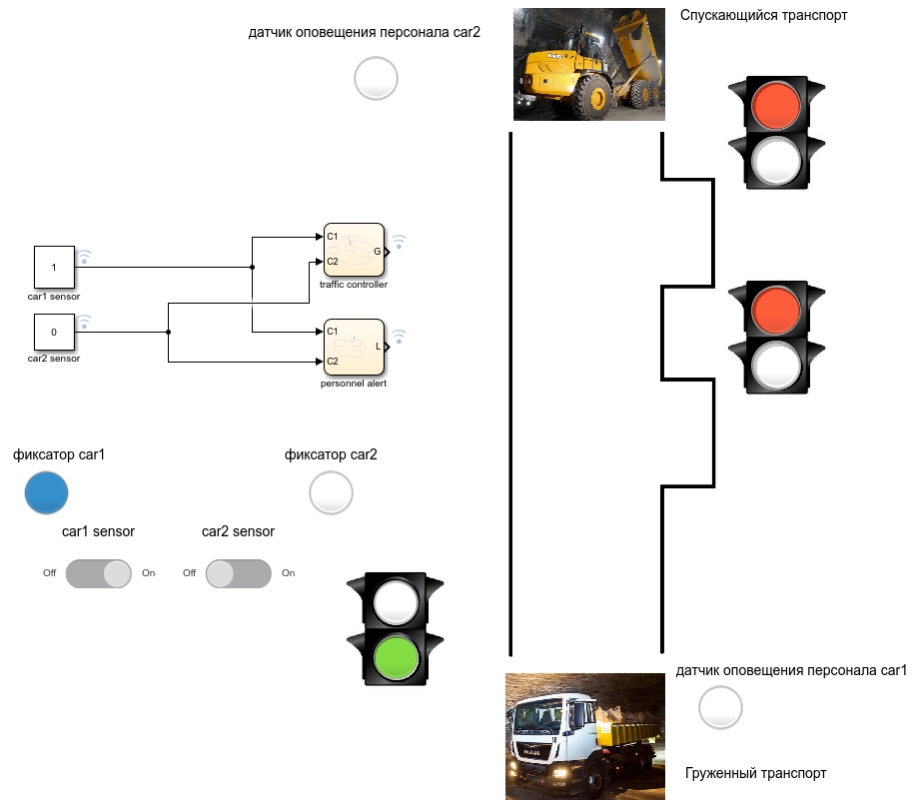


Рисунок 2.37 – Результаты моделирования при фиксировании только грузенного транспорта

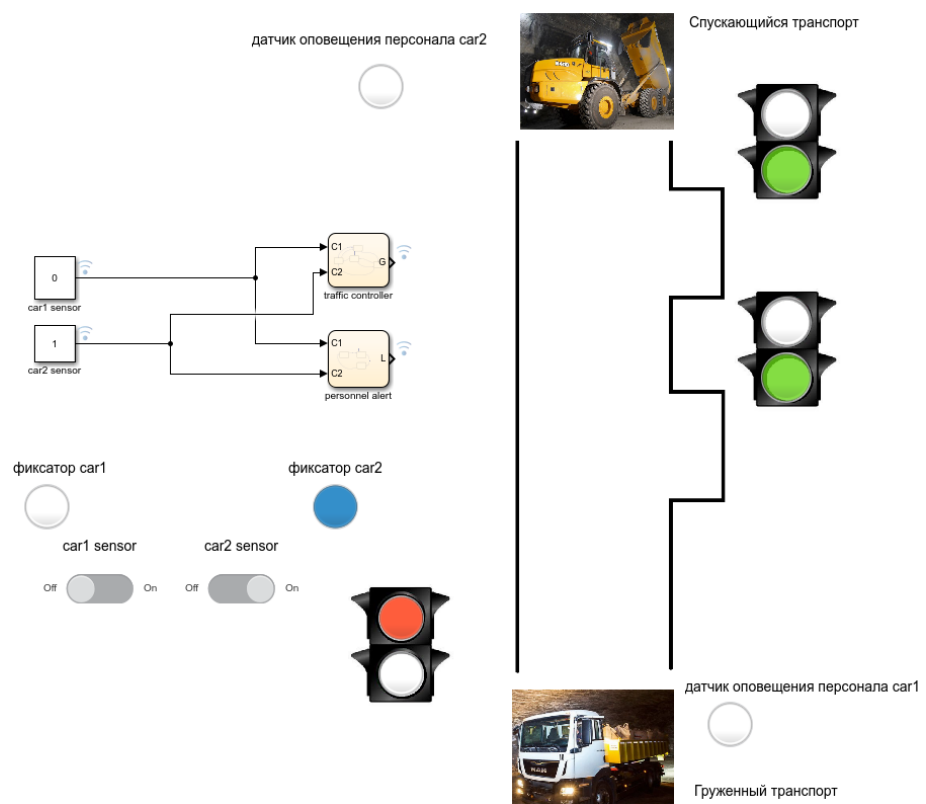


Рисунок 2.38 – Результаты моделирования при фиксировании только спускающегося транспорта

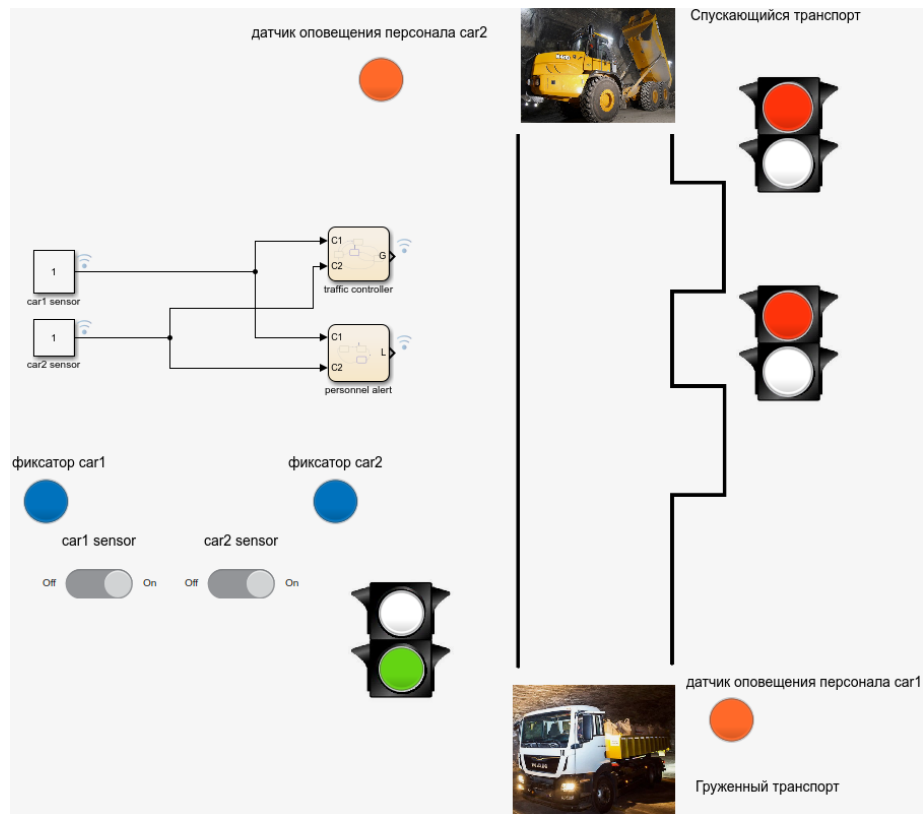


Рисунок 2.39 – Результаты моделирования при фиксировании двух транспортов

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой части данного дипломного проекта была описана шахта «десятилетия независимости Казахстана», место расположения, месторождения входящие в состав шахты, вид добываемого полезного ископаемого, вскрытия, глубина, производительность месторождения и тд.

Во второй части была разработана система точного позиционирования персонала и подземного транспорта для шахты. Были описаны все системы, входящие в систему точного позиционирования, описаны все прибора и оборудования систем. Был рассмотрен план расположения этих оборудования на горизонте +160 м.

Разработанная система позиционирования имела точность  $\pm 20$  м. С целью повышения показателя точности этой системы были рассмотрены три типа нейронных сетей, после сравнения которых, была выбрана радиальная нейронная сеть с целью использования для повышения точности системы позиционирования. Система позиционирования с использованием радиальной нейронной сети в ходе тестирования показала точность практически с нулевой погрешностью. Таким образом, система позиционирования позволяет определять положение персонала и техники с максимальной точностью.

Для повышения безопасности движения внутришахтного транспорта была разработана система управления с использованием графического языка Stateflow программного пакета Matlab. Данное приложение позволяет оптимизировать разработку программ управления и является передовым инструментом в разработке диспетчерских управляющих систем.

Таким образом, в комплексе все разработанные системы представляют собой систему точного позиционирования персонала и транспорта внутри шахт, обеспечивая безопасность и рациональное функционирование этих сложных объектов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Описание Донского горно-обогатительного комбината // электронный ресурс: <https://www.kazchrome.com/ru/business-overview/divisions/donskoy/>.
- 2 Официальный сайт компаний Strataworldwide: <https://www.strataworldwide.com/mining>.
- 3 Wang, G.F.; Pang, Y.H.; Ren, H.W. Intelligent coal mining pattern and technological path. J. Min. Strat. Control. Eng. 2020, 2, 5–19.
- 4 Ge, S.R.; Hao, S.Q.; Zhang, S.H.; Zhang, X.F.; Zhang, L.; Wang, S.B.; Wang, Z.B.; Bao, J.S.; Yang, X.L.; Yang, J.J. Status of intelligent coal mining technology and potential key technologies in China. Coal Sci. Technol. 2020, 48, 28–46.
- 5 Нейронные сети и нейроконтроллеры: учеб. пособие/ М. В. Бураков. – СПб.: ГУАП, 2013. – 284 с.: ил.
- 6 Создаем нейронную сеть (полноцветное издание): учеб. пособие/ Тарик Рашид., 2020. – 272 с.
- 7 Нейронные сети. Полный курс. 2-е издание: учеб. пособие/ Саймон Хайкин., 2019. – 1104 с.
- 8 Барский, А.Б. Логические нейронные сети: Учебное пособие / А.Б. Барский. - М.: Бином, 2013. - 352 с.
- 9 Искусственный интеллект: современный подход (AIMA-2). 2-е издание: учеб. пособие / Стюарт Рассел, Питер Норвиг., 2019. – 1408 с.
- 10 Angermann A. et al. MATLAB - Simulink - Stateflow: Grundlagen, Toolboxes, Beispiele, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2009. 518 p.
- 11 Basic Matlab, Simulink And Stateflow (Aiaa Education Series), 2006. 485 p.
- 12 Юденков В. С., Бугай О. В. Моделирование с использованием системы Matlab + Simulink в учебном процессе // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. 2021. N 1 (243), С. 5-11.



## Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Атапкелов Б.

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Разработка системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта на горно-добывающих предприятиях

**Научный руководитель:** Нурлан Сарсенбаев

**Коэффициент Подобия 1:** 6.7

**Коэффициент Подобия 2:** 3.8

**Микропробелы:** 0

**Знаки из других алфавитов:** 2

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование: *Намные ненулевых коэффициентов подобия связано с использованием общедоступной информации в интернете ЖНК. Необходимые ссылки указаны*

Дата

*05.05.22г.*

проверяющий эксперт

*Кулякда Э.А.*

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Атапкелов Б.

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Разработка системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта на горно-добывающих предприятиях

**Научный руководитель:** Нурлан Сарсенбаев

**Коэффициент Подобия 1:** 6.7

**Коэффициент Подобия 2:** 3.8

**Микропробелы:** 0

**Знаки из других алфавитов:** 2

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование: *Наличие ненулевых коэффициентов подобия связано с использованием общедоступной информации в шахте ЯНК. Необходимые ссылки указаны*

Дата

05.05.2015

Заведующий кафедрой



**ОТЗЫВ  
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

На дипломный проект  
Атапкелова Бекзата Бекенұлы  
5B070200 – Автоматизация и управление

Тема: Разработка системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта на горно-добывающих предприятиях

Перед дипломантом ставилась задача разработки системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта для шахты «Десятилетия Независимости Казахстана» АО «ТНК КазХром».

В первой части данного дипломного проекта был проведен анализ шахты «Десятилетия Независимости Казахстана» АО «ТНК КазХром», место расположения, месторождения входящие в состав шахты, обоснована актуальность дипломного проекта.

Во второй части была разработана система точного позиционирования персонала и подземного транспорта для шахты. Были описаны все системы, входящие в систему точного позиционирования, подобраны все приборы и средства автоматизации систем. Был рассмотрен план расположения оборудования на горизонте плюс 160 м. С целью повышения показателя точности системы позиционирования были разработаны три типа нейронных сетей. Произведен анализ и выявлена сеть, рассчитывающая более точные координаты нахождения объекта на шахтном горизонте. Для повышения безопасности движения внутришахтного транспорта была разработана система управления движением подземного транспорта в приложении State Flow программного пакета Matlab.

Заключение:

Считаю, что дипломный проект заслуживает оценки «отлично», а студент Атапкелов Б.Б. присвоения академической степени бакалавр по специальности 5B070200 – Автоматизация и управление.

**Научный руководитель**

PhD, сеньор-лектор



Кулакова Е.А.

«13» мая 2022г.



## РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект

Атапкелова Бекзата Бекенұлы

5B070200 – Автоматизация и управление

На тему: Разработка системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта на горно-добывающих предприятиях

Выполнено: пояснительная записка на 48 страницах

В рецензируемом дипломном проекте рассматривается актуальная задача разработки системы точного позиционирования персонала и подземного транспорта для шахты «десятилетия независимости Казахстана».

В первой части данного дипломного проекта была описана шахта «десятилетия независимости Казахстана», место расположения, месторождения входящие в состав шахты, вид добываемого полезного ископаемого, вскрытия, глубина, производительность месторождения и т.д. Во второй части была разработана система точного позиционирования персонала и подземного транспорта для шахты. Были описаны все системы, входящие в систему точного позиционирования, описаны все прибора и оборудования систем. Был рассмотрен план расположения этих оборудования на горизонте плюс 160 м. С целью повышения показателя точности системы позиционирования были рассмотрены три типа нейронных сетей. Для повышения безопасности движения внутришахтного транспорта была разработана система управления движением подземного транспорта.

В диплом проекте тема раскрыта полностью, подробно проработаны вопросы аппаратного обеспечения систем позиционирования. Продемонстрированы навыки работы с приложением State Flow, которое оптимизирует процесс программирования. Графический и текстовый материал оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к оформлению работ.

### Оценка работы

Считаю, что дипломный проект заслуживает оценки «отлично», а студент Атапкелов Б.Б. присвоения академической степени бакалавр по специальности 5B070200 – Автоматизация и управление.

### Рецензент

руководитель центра компетенций и трансфера технологий в области автоматизации и мехатроники ВКТУ им. Серикбаева,  
PhD

«5» мая 2022г.



Порубов Д.А.