

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды
«Открытия 2030»

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение г. Мурманска
«Гимназия № 10»

Мурманская область, г. Мурманск

КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ГАЗОВОЙ ОБСТАНОВКИ В
ШАХТЕ

Автор: Тымчишина Софья Руслановна, 5 класс

Научный руководитель: Бердникова Людмила Николаевна,
учитель начальных классов, МБОУ г. Мурманска «Гимназия № 10»

Консультант: Бурзун Марина Сергеевна,
преподаватель, ПОЧУ «Мурманский кооперативный техникум»

Оглавление

Введение.....	3
Теоретическая часть.....	5
1. Понятие экологического мониторинга.....	5
2. Основные экологические проблемы угольной промышленности России... 7	7
3. Анализ причин взрывов, вспышек и воспламенений в угольных шахтах России.....	9
Практическая часть	11
1. Современное оборудование для контроля газовой обстановки в шахтах . 11	11
2. Конструирование передвижного комплекса мониторинга и контроля газовой обстановки в шахтах	12
Заключение	15
Список литературы	16
Приложения	17
Аварии на шахтах России.....	17
Оборудование для контроля газовой обстановки в шахтах	18
Интерфейс приложения Xiaomi Mi Robot Builder	19
Датчики комплекса мониторинга и контроля газовой обстановки в шахте ...	20
Передвижной комплекс мониторинга и контроля газовой обстановки	21
Листинг программы движения комплекса	22
Конвектор для ввода данных в смартфон маршрута движения комплекса....	24
Система беспроводной связи в угольных шахтах	25

Введение

Экологические проблемы – важная тема в современной общественной жизни. Необходимо найти способы решения этих проблем и население нашей планеты сможет прожить еще много поколений на чистой и прекрасной планете.

Актуальность выбранной темы обусловлена глобальностью характера экологических проблем, затрагивающих горнодобывающую промышленность России, а повышенный интерес к техническому развитию детей, посредством конструирования и моделирования, дает возможность разработки прототипов контроля опасных участков шахт в России.

В настоящее время применению специальной робототехники уделяется всё большее внимание, как во всём мире, так и в России. Горнодобывающая промышленность постоянно сталкивается с двумя потребностями это безопасность человека и повышение производительности в шахтах. Широко признано, что роботизация играет важную роль, которая неизбежно повысит производительность и значительно снизит негативное воздействие на человека.

Цель проекта – разработка действующей модели комплекса мониторинга и контроля газовой обстановки в шахтах, экологического мониторинга и реагирования на источники задымления.

Для достижения цели работы необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить понятия «экологический мониторинг» и «системы мониторинга».

2. Рассмотреть экологические проблемы угольной промышленности России и причины аварий на угольных шахтах.

3. Проанализировать возможность применения конструкторов ХИАОМ датчиков «умного дома» для разработки прототипа комплекса мониторинга и контроля воздуха в шахтах.

4. Разработать комплекс мониторинга и контроля газовой обстановки в шахтах.

5. Апробировать разработанный технический комплекс на территории Мурманского морского торгового порта.

Гипотеза – в своей исследовательской работе предполагаем, что из конструктора ХИАОМ можно создать передвижной комплекс мониторинга и контроля газовой обстановки в шахтах.

Объект исследования – современная роботизированная техника в горнодобывающей промышленности.

Предмет исследования – процесс разработки прототипа комплекса мониторинга и контроля газовой обстановки в шахтах посредством конструирования на основе конструктора ХИАОМ.

Сроки реализации проекта:

1. Подготовительный этап (30.10.2021 – 27.12.2021).

1.1. Анализ литературы по робототехнике и применению робототехнических комплексов специального назначения в шахтах.

1.2. Анализ аварийности на угольных шахтах России.

2. Основной этап (10.01.2022 – 05.03.2022).

2.1. Анализ современного оборудования шахтеров.

2.2. Сборка комплекса, определение параметров программирования.

3. Аналитический этап (02.04.2022 – 30.07.2022).

3.1. Вывод по исследованию, апробация проекта.

3.2. Оформление результатов.

Ресурсное обеспечение проекта:

1. Конструктор Xiaomi Mi Robot Builder (Rover), датчика, система «умный дом».

2. Литература по робототехнике и применению робототехнических комплексов специального назначения.

Источники и объем финансирования: Конструктор - 6810р, камера 810р., фонарь – 350р., датчик температуры и влаги – 450р., датчик дыма – 2878р., шлюз «умный дом» - 3100р., датчик метана – 3029р.

В исследовании широко применяются методы сравнения, обобщения, моделирования и конструирования. Наглядно модель представлена посредством фотографий передвижного комплекса.

Конструирование позволяет существенно повысить мотивацию учащихся, организовать их творческую и исследовательскую работу, позволяет школьникам в форме познавательной игры узнать многие важные идеи и развивать необходимые в дальнейшей жизни навыки.

В работе описаны проблемы, связанные с проведением оперативного мониторинга состояния воздуха в шахтах и снижением человеческих жертв при взрывах в горнодобывающей промышленности. Автор проекта изучила материал, описывающий проблемы экологического мониторинга, современные средства контроля и оповещения в шахтах, разработала модель с помощью конструктора XIAOMI и датчиков «умный дом».

Теоретическая часть

1. Понятие экологического мониторинга

Понятие мониторинг вошло в научную литературу сравнительно недавно.

Экологический мониторинг – это информационная система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов [1].

Экологический мониторинг решает следующие задачи:

- сбор первичной информации, ее накопление, систематизация, анализ и формирование банка данных;
- обработку и представление данных в виде различных таблиц, графиков, карт;
- усовершенствование и разработку методов получения исходной информации, оценка текущего состояния окружающей среды и прогноза;
- анализ причин наблюдаемых и вероятных изменений состояния;
- оперативное обеспечение необходимой информацией всех заинтересованных лиц.

Независимо от особенностей объекта наблюдения, процесс мониторинга всегда включает в себя четыре основных этапа:

- 1) наблюдение за объектом мониторинга;
- 2) оценку фактического состояния объекта мониторинга;
- 3) прогноз возможных изменений состояния объекта мониторинга;
- 4) оценку прогнозного состояния объекта (рис. 1) [2].

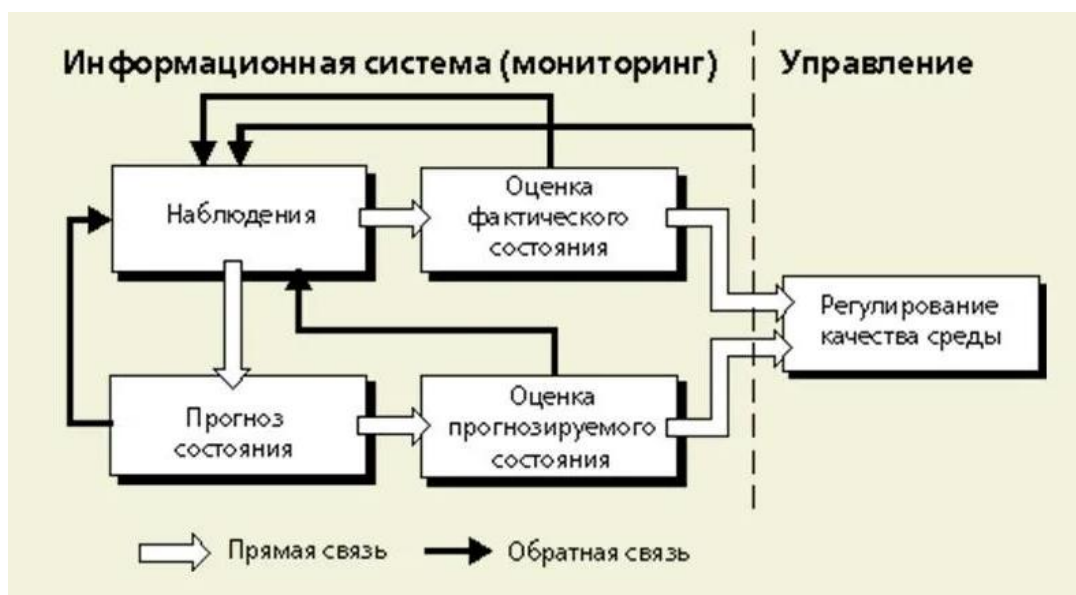


Рисунок 1. Этапы экологического мониторинга

Благодаря экологическому мониторингу становится возможным прогнозирование и предупреждение создающихся критических ситуаций в

среде обитания человека. Окружающая среда человека – многокомпонентная и многофункциональная система.

Мониторинг состояния окружающей среды предусматривает постоянное наблюдение за процессами, происходящими в природе и техносфере, с целью предвидения изменений их качества, ухудшения среды обитания человека, деградации биосферы. В зависимости от конкретных целей, задач, объектов наблюдения различают несколько видов и классов мониторинга. Существуют различные подходы к классификации экологического мониторинга: по характеру решаемых задач, по уровням организации, по природным средам, за которыми ведутся наблюдения, по методам ведения наблюдений и другие.

Отраженная в табл. 1 классификация охватывает весь блок экологического мониторинга: наблюдения за источниками и факторами антропогенного воздействия, абиотической составляющей биосферы и ответной реакцией экосистем на эти изменения [1].

Таблица 1

Классификация систем (подсистем) мониторинга

Принцип классификации	Существующие или разрабатываемые системы мониторинга
Универсальные системы	<ul style="list-style-type: none"> • Глобальный мониторинг (базовый, региональный, импактный уровни). • Национальный мониторинг. • Межнациональный мониторинг.
Реакция основных составляющих биосферы	<ul style="list-style-type: none"> • Геофизический мониторинг. • Биологический мониторинг. • Экологический мониторинг (включая вышеназванные).
Различные среды	<ul style="list-style-type: none"> • Мониторинг загрязнений атмосфере, гидросфере, почве, загрязнений биоты.
Факторы и источники воздействия	<ul style="list-style-type: none"> • Ингредиентный мониторинг (радиоактивных продуктов, шумов). • Мониторинг источников загрязнения.
Острота и глобальность проблемы	<ul style="list-style-type: none"> • Мониторинг океана. • Мониторинг озоносферы. • Мониторинг генетический.
Методы наблюдений	<ul style="list-style-type: none"> • Мониторинг по физическим, химическим, биологическим показателям. • Спутниковый (дистанционный) мониторинг.
Системный подход	<ul style="list-style-type: none"> • Медико-биологический мониторинг. • Экологический мониторинг. • Климатический мониторинг.

Основная цель экологического мониторинга заключается в создании информационной системы, позволяющей получать достоверные сведения о состоянии окружающей среды и ее изменениях в физических и биотических компонентах под действием естественных и антропогенных факторов

2. Основные экологические проблемы угольной промышленности России

Угольная промышленность – это отрасль хозяйствования, включающая в себя добычу (шахтным или открытым способом), обогащение и переработку угля.

В недрах России находится третья часть мировых ресурсов угля.

По данным на 2021 г Россия занимает 6-е место в мире (после Китая, США, Индии, Австралии, Индонезии) по объемам добычи угля, которая составила 416 млн. тонн [3].

Многие экопроблемы начинаются еще во время добычи полезного ископаемого:

1. Загрязнение атмосферы.

Когда происходит добыча каменного угля, может произойти выброс метана, что загрязняет атмосферу. В воздух попадают зольные частицы и токсичные соединения, твердые и газообразные вещества. Также атмосферное загрязнение происходит во время сжигания ископаемого. Загрязнение атмосферы опасно не только непосредственным отравлением в конкретном месте, но и тем, что оно распространяется на большую территорию из-за перемещений воздушных масс.

2. Загрязнение грунтовых вод.

Добыча угля способствует загрязнению водных ресурсов в месте, где находится месторождение. Токсические микроэлементы, твердые вещества и кислоты проникают в подземные воды, реки и озера. Они изменяют химический состав воды, делают ее непригодной для питья, купания и бытового использования. Из-за загрязнения акваторий гибнет речная флора и фауна, а редкие виды оказываются на грани исчезновения.

3. Изменение ландшафта местности.

Извлечение горных пород приводит к проседанию почвы. Нарушаются сложившиеся биоценозы, что способствует эрозии почв.

К этому процессу причастны и образования депрессионных воронок, которые возникают из-за принудительного откачивания из шахт подземных вод. Их уровень сильно понижается, что ведёт к обезвоживанию верхнего почвенного слоя.

Добыча угля неизбежно ведет к изменению природных ландшафтов:

- возникают овраги и разломы;
- при подземной добыче угля на поверхности образуются свалки из пустой породы, которые занимают большие площади. Под ними происходит вдавливание грунта, что приводит к выходу на поверхность подземных вод, и, как следствие, по периметру образуются болота и небольшие озёра, наполненные загрязнённой водой;

- исчезают леса, что приводит к ещё большей эрозии почв;

- загрязнение почвы вредными веществами и, как следствие, уничтожение её микрофлоры делают земли не пригодными для сельского хозяйства, более того — они со временем превращаются в индустриальные пустыни.

Также конденсация отравленных водяных паров в атмосфере приводит к выпадению токсичных осадков на большой территории. Таким образом происходит вторичное загрязнение почв и водных объектов.

4. Деградация почв и уменьшение площади плодородных земель.

Деградация и уменьшение площади плодородных земель – это следствие описанных выше процессов. Процессы ускоряются, когда в грунт вместе с пылью, осадками и грунтовыми водами попадают продукты угледобычи. Серная и соляная кислота, которые образуются в воде из оксидов серы и хлора, закисляют почву. Нарушается баланс бактериальной флоры, изменяется характер растительности.

Нарушение водоносных горизонтов ведет к пересыханию больших площадей. На таких участках начинается эрозия. Поверхность земли покрывается трещинами, затем появляются глубокие овраги. Плодородный слой быстро вымывается. Земля становится непригодной для выращивания растений.

Площадь сельскохозяйственных земель уменьшается не только из-за деградации. Огромные территории занимают отвалы. Кроме того, при сильном загрязнении отходы угольной добычи могут попадать в продукты. Если почва не отвечает санитарным нормам, содержит слишком много тяжелых металлов и других вредных химических элементов, на ней нельзя выращивать сельскохозяйственную продукцию.

5. Подземные пожары.

Горные работы, связанные со взрывами, стихийные взрывы и подземные пожары так же ведут к проседанию земной поверхности и угрожают жизни людей.

Основная опасность подземных пожаров заключается в том, что их очень трудно, а порой и невозможно потушить. Горение распространяется по угольным пластам вглубь и по сторонам от очага возгорания на многие километры. Пожар может длиться от нескольких дней до нескольких лет.

6. Ухудшение здоровья людей.

Добыча угля наносит немалый вред окружающей среде и здоровью людей. Согласно статистике, количество легочных заболеваний в регионах, где добывают уголь, на 5-20% выше, чем в других областях. Материнская смертность в 2 раза выше, а заболеваемость среди беременных встречается в 3-5 раз чаще. Патологии, связанные с неблагоприятной экологией, становятся причиной до 20% смертей [4].

Негативное влияние на экологию – одна из главных причин, которая привела к закрытию шахт в развитых странах [5].

3. Анализ причин взрывов, вспышек и воспламенений в угольных шахтах России

В последние десятилетия частота аварий, происходящих в угольных шахтах России вследствие взрывов, вспышек и воспламенений газопылевоздушных смесей, имеет тенденцию к снижению [5]. Это является результатом успешного проведения реструктуризации угольной промышленности, активного развития систем менеджмента и управления промышленной безопасностью, внедрения эффективных защитных мероприятий (в том числе мер по обеспечению аэрологической безопасности, борьбе с пылью).

Наиболее часто и в наибольших количествах в шахтах выделяется метан и углекислый газ: при этом метан, обладая взрывчатыми свойствами, является и наиболее опасной газовой примесью в рудничном воздухе (рис. 2).

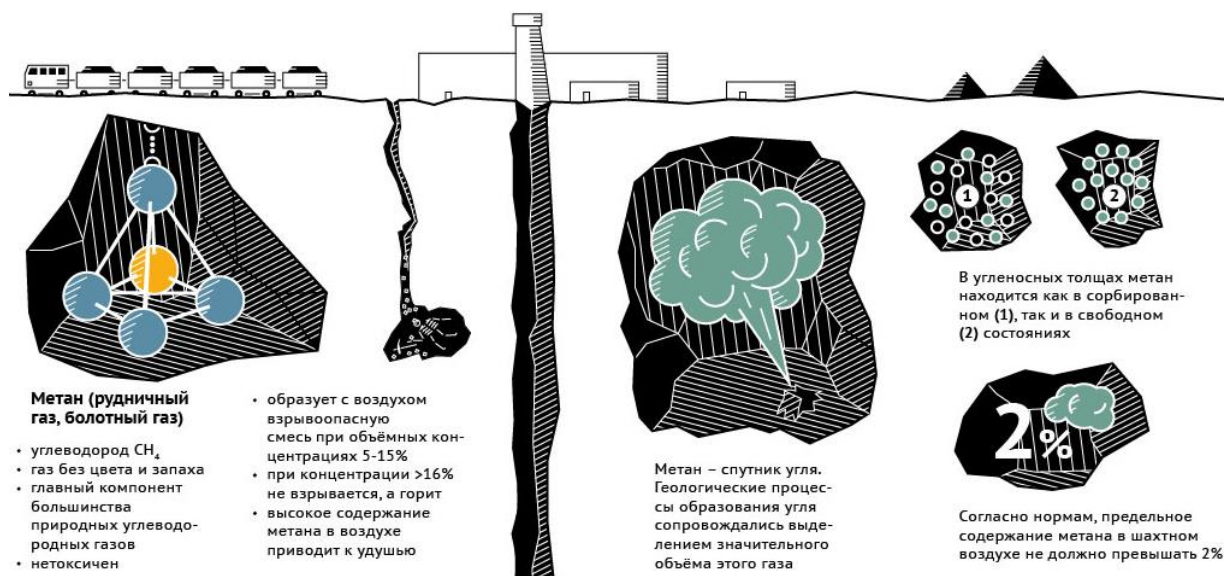


Рисунок 2. Метан в угольных шахтах

Взрывы, вспышки и воспламенения метановоздушных смесей являются результатом горения метана в присутствии кислорода воздуха.

Анализ источников показал, что на угольных шахтах России основной причиной аварий (1992 – 2021 гг.) является взрыв метана и угольной пыли (прил. 1). При данных видах аварий наблюдается высокая смертность среди шахтеров. Красным цветом показана смертность при авариях, связанных со взрывом метана и угольной пыли [6].

Существенные различия в аварийных ситуациях свидетельствуют о необходимости анализа условий возникновения взрывов. [7–9]. Основные причины скопления метана в шахтах:

1. Технические.

– Нарушение проветривания выработок и забоев (в т. ч. образовании местных и слоевых загазований).

- Неравномерная работа вентиляторов и дегазационных систем, повреждение вентиляционного трубопровода.

- Нарушение герметичности изолирующих перемычек.

- Посадка кровли в выработанном пространстве.

2. Организационные.

- Нарушение контроля проветривания и газовой обстановки в выработках (в т. ч. блокировка или отсутствие систем аэрогазового контроля).

- Нарушение контроля газовой обстановки в выработанном пространстве.

- Наличие нарушений в проектной документации (в т. ч. некорректный расчет требуемого расхода воздуха, пренебрежение необходимыми мерами безопасности).

- Нарушение технологии ведения работ (в т. ч. отступление от проектных решений, невыполнение требуемых мер по дегазации).

- Нарушение пылевого режима шахты.

- Нарушение регламента разгазирования выработок.

Оксид углерода является одним из самых распространенных и, в то же время, наиболее опасных газов. Окись углерода образуется в результате неполного сгорания топлива из выхлопов двигателей автомобилей. Скапливается газ в колодцах, располагающихся в городской черте на проезжей части дорог. Подобных колодцев достаточно много. Предельно допустимая концентрация СО для прокуренного помещения составляет 20 мг/м³. Нередко газоанализаторы срабатывают в случае, если над колодцем стоит автомобиль с работающим двигателем.

Угарный газ нарушает кровообращение и отравляет головной мозг человека. СО объединяется с гемоглобином в крови, в результате чего нарушается транспортировка кислорода к клеткам. В случае превышения ПДК монооксида углерода, могут проявляться различные симптомы: проблемы с координацией; обострение заболеваний сердечнососудистой системы; возникновение чувства усталости, слабость; головные боли.

Степень воздействия угарного газа на человеческий организм напрямую зависит от уровня его концентрации в воздухе и от периода его воздействия показана на рисунке приложения 1.

На графике можно увидеть то, что концентрация СО более 0,1 % приводит к летальному исходу за период времени, равному 1 часу. При концентрации от 1,2 % и выше, летальный исход наступает по истечении 3 минут (красная линия – смертельное влияние; желтая линия – причинение серьезного вреда здоровью; зеленая линия – легкий вред здоровью).

Регулярный характер аварий свидетельствует о необходимости проявления пристального внимания к вопросам противоаварийной устойчивости угольных шахт со стороны хозяйствующих субъектов и надзорных органов даже в период устойчивого снижения показателей аварийности.

Практическая часть

1. Современное оборудование для контроля газовой обстановки в шахтах

Для снижения показателей аварийности и смертельного травматизма необходимо развивать направления по использованию защитных мероприятий комплексного характера с учетом принципов риск-ориентированного подхода и системного анализа источников опасностей [9].

По способу организации различают два вида контроля за состоянием воздуха в шахтах:

1. Плановый периодический контроль осуществляется путём отбора проб воздуха в горных выработках и последующего анализа этих проб в лаборатории.

Достоинства этого вида контроля состоят в том, что он позволяет определить полный газовый состав шахтного воздуха, т.е. все содержащиеся в нём газовые примеси, и обеспечивает высокую точность определения содержания этих примесей.

Недостатком его является значительный разрыв во времени между моментом отбора пробы и получением результатов анализа (3 – 24 часа).

В негазовых шахтах и в шахтах I и II категории по газу плановый контроль производится один раз в месяц, на шахтах III категории и на шахтах, разрабатывающих пласты угля, склонного к самовозгоранию - два раза в месяц, на шахтах сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам - три раза в месяц.

2. Оперативный контроль осуществляется приборами двух типов: автоматическими приборами непрерывного действия и приборами эпизодического действия.

Достоинство оперативного контроля в том, что разрыв во времени между моментом опробования и получением результата практически отсутствует, и он позволяет определять содержание вредных газов непосредственно в месте опробования. Приборами оперативного контроля широко пользуются рабочие, инженерно-технические работники, бойцы ВГСЧ. Как при оперативном, так и при плановом контроле (перед отбором проб) [9].

На сегодняшний день в России большое количество приборов, которые используют для проведения данных работ, но большая часть таких приборов не выполняют свои функции, либо их функционал сильно урезан (прил. 2).

На проблему контроля состояния воздуха следует обратить более пристальное внимание и разработать оборудование, способное оперативно контролировать и передавать информацию о содержании в воздухе шахт сразу нескольких видов газа без участия человека, т.к. длительное нахождение в шахтах при высокой концентрации метана или угарного газа приводит к летальному исходу.

2. Конструирование передвижного комплекса мониторинга и контроля газовой обстановки в шахтах

Модель комплекса контроля мониторинга газовой обстановки была разработана с использованием конструктора Xiaomi Mi Robot Builder (Rover) и датчиков «умный дом» Mi Home. Исходя из набора, методом анализа и подбора, конструкция обрела конечный вид.

Создание прототипа комплекса контроля газовой обстановки в шахтах носило поэтапный характер.

Из конструктора Xiaomi Mi Robot Builder (Rover) была взята кинематика и управление. Скачанное на смартфон фирменное приложение, превращает его в пульт дистанционного управления. Телефон подключается по Bluetooth и позволяет отдавать команды (прил. 3). Из системы Mi Home были использованы датчики:

- Датчик дыма Xiaomi Mi Jia Honeywell Smoke Alarm. При достижении опасной величины концентрации дыма в области мониторинга, оборудование моментально начинает издавать сигнал тревоги, и отправляет оповещение в приложение на телефоне. Для изготовления пожарного извещателя используются огнестойкие материалы (кислородный индекс > 35) (прил. 4).

- Датчик температуры и влажности Xiaomi Mi Temperature and Humidity Monitor. Датчик температуры и влажности создан специально для чуткого наблюдения за изменением микроклимата, а для еще лучшего контроля датчик можно включить в умный сценарий, создавая различные сочетания с другими устройствами (прил. 4).

- Для связи датчиков со смартфоном используется блок управления «умным домом» Xiaomi Mi jia Smart Home Multi-Mode Gateway 3 (прил. 4).

Дополнительно установлено оборудование:

- Видеокамера FANGTUOSI. Камера имеет небольшие размеры, что позволяет установить ее робота. Имеется WI-FI соединение через приложение со смартфоном и выводом видеозображения на экран или записи на SD карту (прил. 4).

- Автономный фонарь-индикатор нахождения комплекса (прил. 4).

- Беспроводной датчик CO и угарного газа при превышении значений CO устройство немедленно активирует мощную сирену, интегрированную в прибор и сообщает на охранный пульт необходимые данные. Тип обнаружения CO - фотоэлектрическая камера. Данный способ позволяет существенно продлить срок службы батареи, даже при частых проверках, с периодичностью в несколько секунд. Встроенная сирена способна создавать шумовой поток в 85 дБ на расстоянии в 3-5 метров. При размещении нескольких датчиков в смежных комнатах, они автоматически связываются друг с другом в единую сеть, что существенно повышает безопасность, поскольку срабатывание одного датчика запускает звуковую сирену на всех остальных (прил. 4).

- Многофункциональный Wi-Fi датчик газа с управлением клапаном, предназначен для обнаружения различных бытовых газов (метан, пропан, бутан и пр.) в помещениях. При обнаружении опасной концентрации газа устройство включит звуковую сигнализацию. Датчик оснащен встроенным LCD экраном, на котором отображается информация о работе прибора и текущая температура в помещении (прил. 4).

Модель передвижного комплекса контроля газовой обстановки в шахте предполагает как ручное управление посредством смартфона, так и автоматическое (прил. 5). При автоматическом движении робот-конструктор следует по маршруту, заложенному в программу.

Для простоты работы с роботом была написана программа на языке VBA (Visual Basic for Applications) – это подмножество визуального языка программирования Visual Basic (VB), которое включает почти все средства создания приложений VB. Листинг программы показан в прил. 6

Для мониторинга загазованности траекторию движения, по которой будет проходить маршрут, заносят в программу (прил. 7).

Программа-конвектор выводит на экран параметры движения, которые переносим в программу на смартфоне (прил. 7).

Для первичного анализа ситуации робот оснащён самыми необходимыми средствами.

Установленные датчики дыма и температуры, описанные выше, в случае задымления и изменения температуры подают не только звуковой сигнал, но и передают информацию посредством интеграции в умный дом на смартфон. Факт задымления можно будет установить и визуально, так как наш комплекс оборудован миникамерой с хорошим разрешением и приличной автономностью по работе (около 4 часов), которая передаёт видеосигнал через сеть Wi-Fi напрямую на экран смартфона. Это позволит исключить ложные срабатывания о задымлении. Благодаря изменению параметров датчика температуры и влажности можно определить приближение к очагу возгорания. Данные в реальном времени передаются в приложение «умный дом» Mi Home. Комплекс оснащен автономным диодным фонарем-маячком красного цвета для улучшения его местоопределения.

На данный момент законодательно шахты должны быть оборудованы следующими видами связи и сигнализации:

- системой телефонной связи;
- системой общешахтного аварийного оповещения;
- местными системами оперативной и предупредительной сигнализации на технологических участках;
- регистратором служебных переговоров у горного диспетчера шахты.

Перечисленные виды связи и сигнализации конструктивно должны быть совмещены.

Подключение комплекса к существующей системе безопасности «Радиус-2» позволит передачи сигналов через горный массив с использованием аппаратуры беспроводного аварийного оповещения и персонального вызова. При повышении уровня метана, в случае обвала или пожара диспетчер шахты осуществляет передачу цифровых кодовых радиосигналов персонального вызова или аварийного оповещения в подземелье шахты сквозь толщу горных пород.

Имея такой набор автоматизации можно заранее запрограммировать комплекс на исследование любой территории. Необходимо только заранее проложить маршрут, запрограммировав робот.

Комплекс подключен к системе, построенной на применении технологии передачи сигналов через горный массив с использованием аппаратуры беспроводного аварийного оповещения и персонального вызова. При повышении уровня метана, в случае обвала или пожара комплекс осуществляет передачу цифровых кодовых радиосигналов персонального вызова или аварийного оповещения в подземелье шахты сквозь толщу горных пород (прил. 8).

Показатели датчиков следует сравнивать с данными таблицы (прил. 8) и принимать решение об эвакуации персонала шахты.

В результате разработки получили автономный запрограммированный комплекс, который может без непосредственного участия человека проследовать по маршруту и выявить очаги газообразования, если таковые имеются.

Заключение

В процессе исследования удалось подтвердить гипотезу о возможности создания из конструктора ХІАОМІ и дополнительных датчиков прототипа передвижного комплекса контроля газовой обстановки в шахте.

В ходе выполнения научно-технической работы, были получены следующие результаты:

1. Изучены понятия «экологический мониторинг» и «системы мониторинга».

2. Рассмотрены экологические проблемы угольной промышленности России и причины аварий на угольных шахтах.

3. Проанализирована возможность применения конструкторов ХІАОМІ датчиков «умного дома» для разработки прототипа комплекса мониторинга и контроля воздуха в шахтах.

4. Разработан комплекс мониторинга и контроля газовой обстановки в шахтах.

5. Апробирован разработанный технический комплекс на уроках географии.

Гипотеза о возможности создания из конструктора ХІАОМІ комплекса контроля газовой обстановки в шахтах подтвердилась.

Успешное выполнение больших и трудоемких работ в угольной промышленности будет во многом зависеть от оснащенности шахт современными средствами механизации и обученности личного состава основным приемам и способам ведения этих работ.

Планируем продолжить изучение материалов об особенностях добычи на угольных шахтах и более детально рассмотреть технические и организационные причины скопления метановоздушной смеси и угарного газа в шахтах.

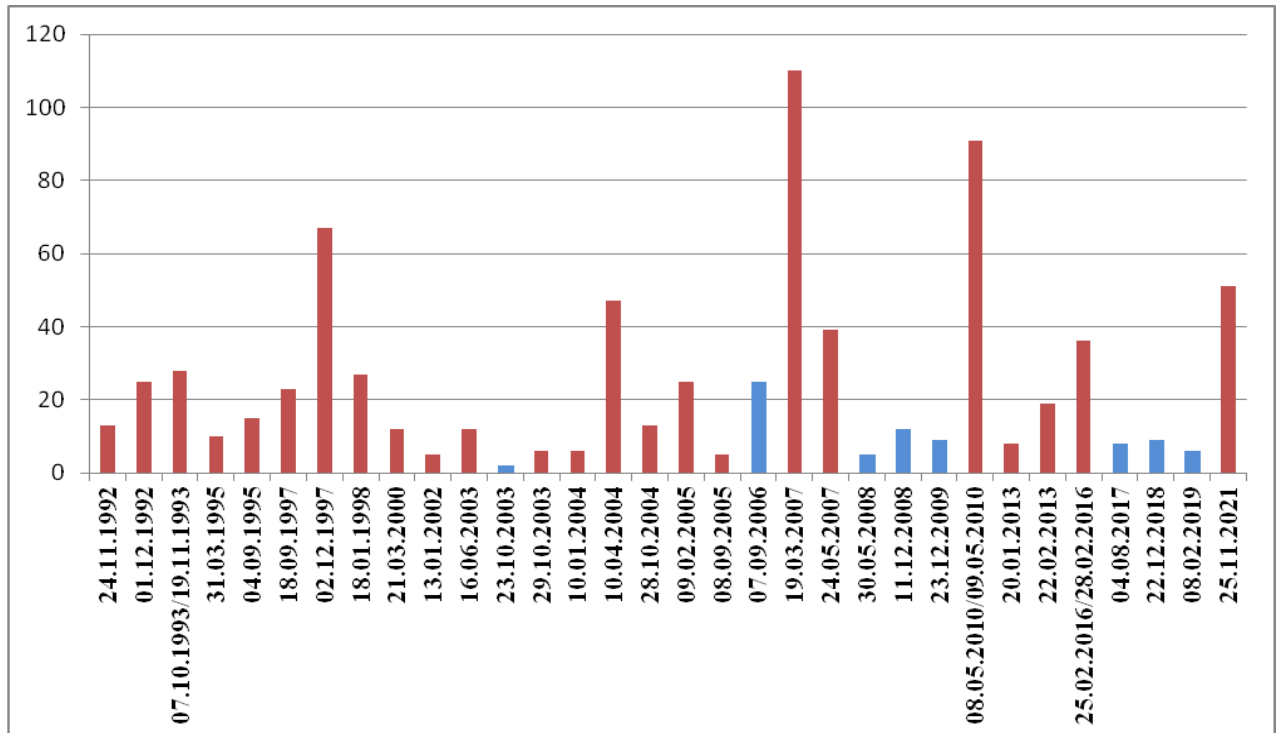
Список литературы

1. Экологический мониторинг: учебное пособие/ Р.Н. Апкин, Е.А. Минакова.— 2-е изд., испр. и доп. — Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. — 127 с.
2. Введение в экологический мониторинг: учебное пособие / И.С. Белюченко. — Краснодар, 2011. — 297 с.
3. Зыков В. М. Угольная промышленность России и ее реструктуризация / Зыков В. М. // Энергия: экономика, техника, экология. - 2001. - № 11. - С. 12 - 17.
4. Баранский П.И., Гайдар А.В. Проблемы загрязнения окружающей среды//Вестн. Калуж. ун-та. - 2016 - № 3 - С.37-41.
5. Смирняков В.В., Смирнякова В.В. Трудноуправляемые факторы в статистике причин аварийных пылегазовых взрывов в угольных шахтах России // Горный журнал. — 2016 — № 1 — С 30—34.
6. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору: ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]. URL: https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Годовой%20отчет%20за%202020%20год.pdf (дата обращения: 20.07.2022)
7. Аварии на шахтах России. [Электронный ресурс]. URL: https://miningwiki.ru/wiki/Список:Аварии_на_шахтах_России (дата обращения: 20.03.2022)
8. Александров С.Н., Булгаков Ю.Ф., Яйло В.В. Охрана труда в угольной промышленности: учебное пособие для студентов горных специальностей высших учебных заведений. — Донецк: РИА ДонНТУ, 2012 — 480 с.
9. Ушаков К.З., Каледина Н.О., Кирин Б.Ф. Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело: учебник для вузов. — М.: МГГУ, 2002 — 487 с.

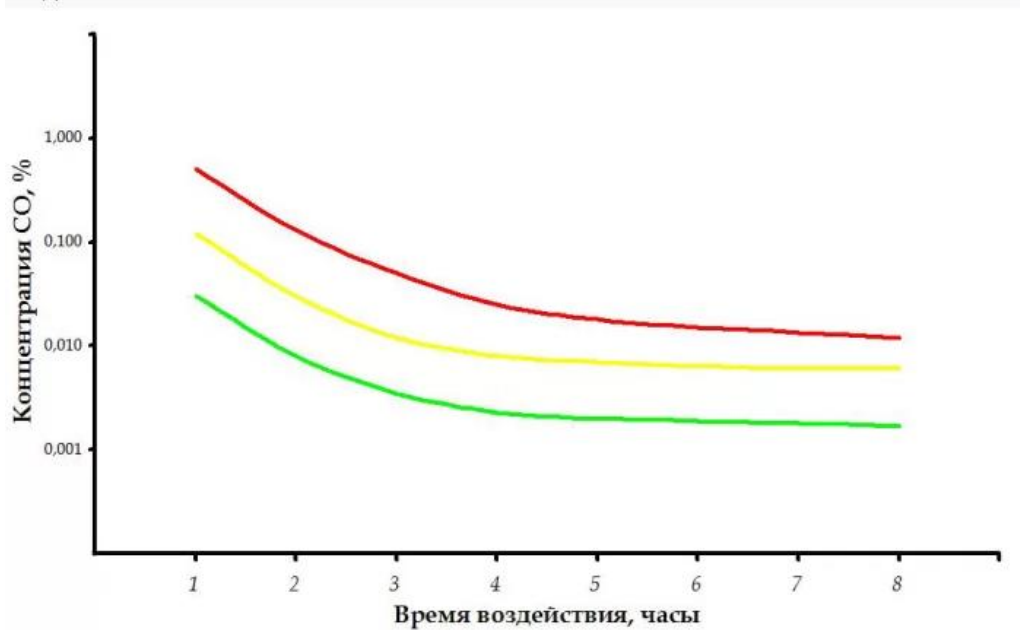
Приложения

Приложение 1

Аварии на шахтах России



Степень воздействия угарного газа на человеческий организм



Оборудование для контроля газовой обстановки в шахтах

Gasman



Tetra 3



Gas-pro



Горизонт



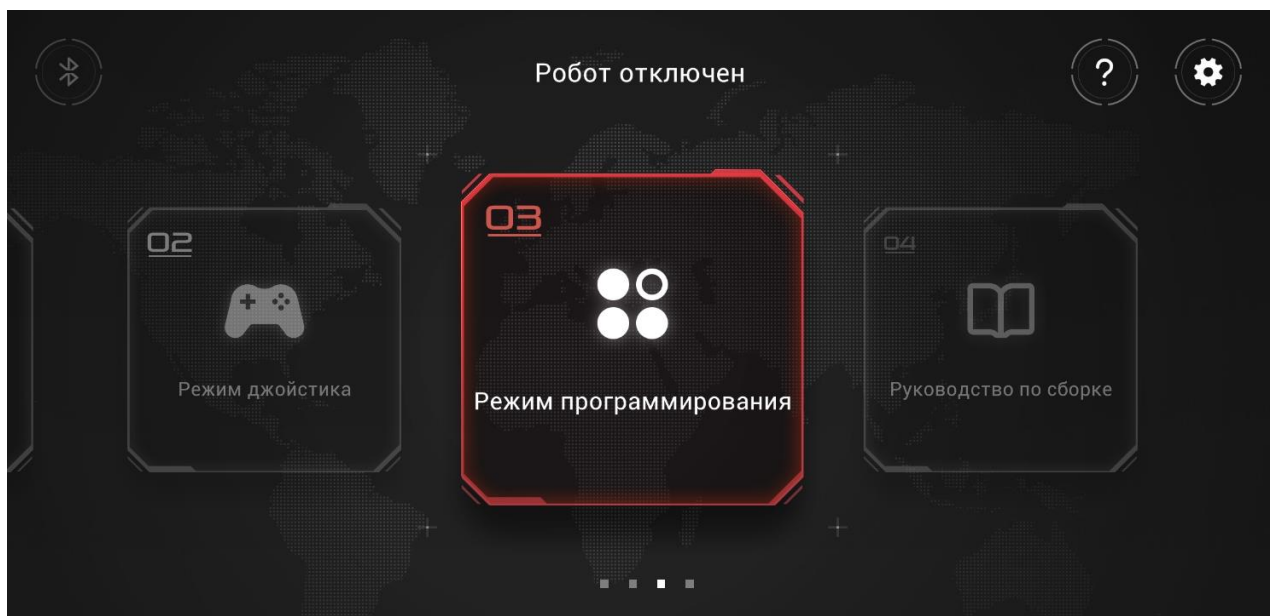
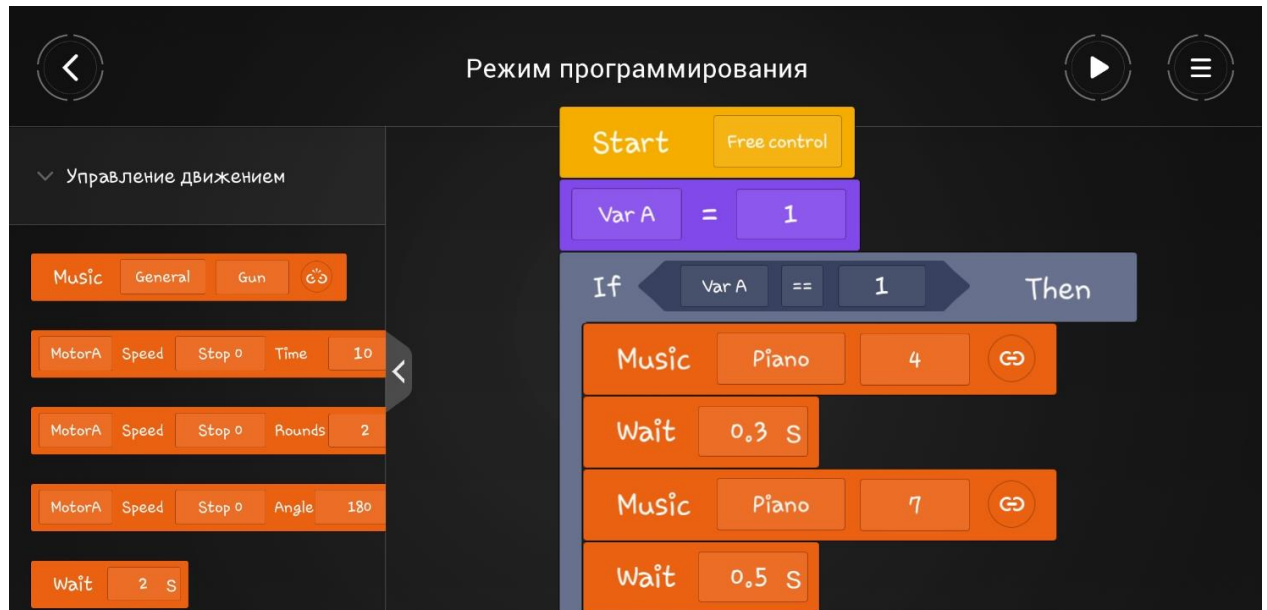
МА-41



Горизонт



Интерфейс приложения Xiaomi Mi Robot Builder



Датчики комплекса мониторинга и контроля газовой обстановки в шахтеДатчик температуры и
влажности

Блок управления



Датчик дыма



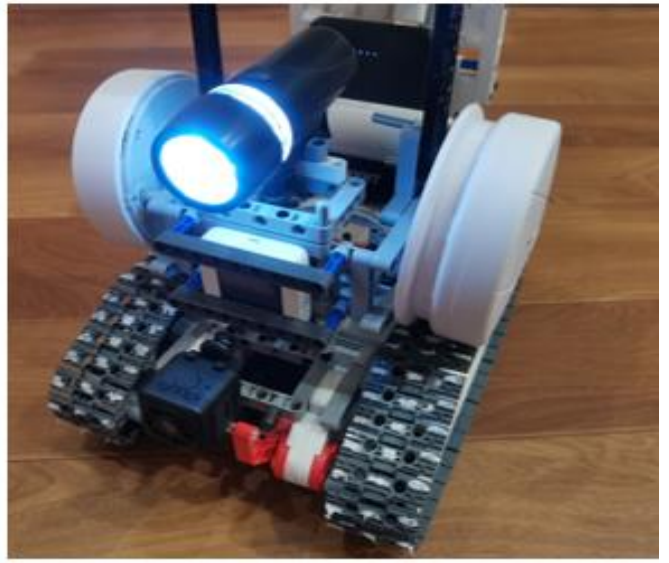
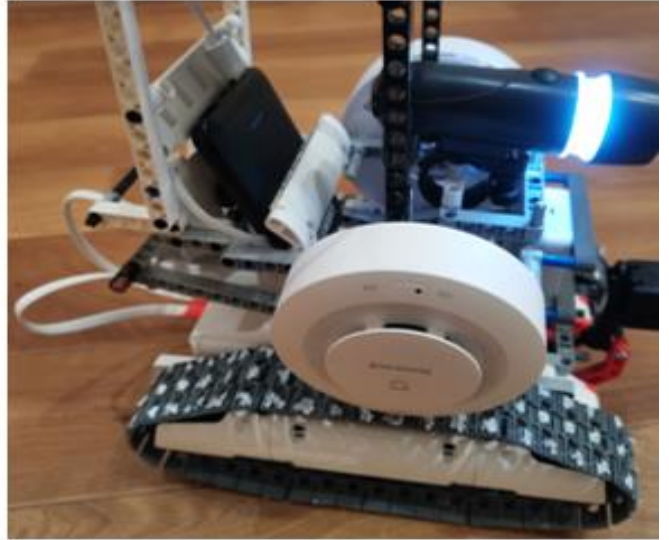
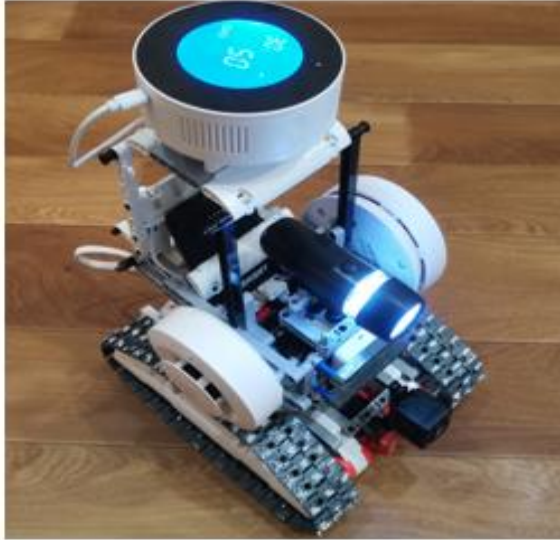
Видеокамера



Автономный фонарь-индикатор

Датчик-измеритель и сигнализатор
угарного газа COДетектор газа с высокой
чувствительностью к метану

Приложение 5
Передвижной комплекс мониторинга и контроля газовой обстановки



Листинг программы движения комплекса

```

Attribute VB_Name = "Module1"
Public СтрокаПрограммы, Строка
Public СкоростьМотораАДвижение, СкоростьМотораВДвижение, ВремяМотораАДвижение, ВремяМотораВДвижение
Public НаправлениеМотораАДвижениеВперед, НаправлениеМотораВДвижениеВперед,
НаправлениеМотораАДвижениеНазад, НаправлениеМотораВДвижениеНазад
Public СкоростьМотораАПоворотВправо, СкоростьМотораВПоворотВправо, СкоростьМотораАПоворотВлево,
СкоростьМотораВПоворотВлево
Public ВремяМотораАПоворот, ВремяМотораВПоворот
Public НаправлениеМотораАПоворотВправо, НаправлениеМотораВПоворотВправо, НаправлениеМотораАПоворотВлево,
НаправлениеМотораВПоворотВлево

Sub ЗагрузкаМеню()
Set myMenuBar = CommandBars.ActiveMenuBar
Set Заявка = myMenuBar.Controls.Add(Type:=msoControlPopup, Temporary:=True)
    Заявка.Caption = "Робот"
        порядок = 1
            текст = "Листинг": макрос = "Листинг": GoSub меню
'            текст = "Скрыть": макрос = "Скрыть": GoSub меню
GoTo конец
меню:
    Set Имя = Заявка.Controls.Add(Type:=msoControlButton, Before:=порядок)
        Имя.Caption = текст
        Имя.OnAction = макрос
        порядок = порядок + 1
Return
конец:
End Sub
Sub УдалениеМеню()
Application.CommandBars("Worksheet Menu Bar").Controls("Робот").Delete
End Sub
Sub Листинг()
Sheets("Листинг").Select
    Cells.Select
    Selection.Delete Shift:=xlUp
    Range("A1").Select
    'Движение по прямой
    СкоростьМотораАДвижение = Sheets("Исходные параметры").Cells(3, 2).Value
    СкоростьМотораВДвижение = Sheets("Исходные параметры").Cells(4, 2).Value
    ВремяМотораАДвижение = Sheets("Исходные параметры").Cells(3, 3).Value
    ВремяМотораВДвижение = Sheets("Исходные параметры").Cells(4, 3).Value
    НаправлениеМотораАДвижениеВперед = Sheets("Исходные параметры").Cells(3, 4).Value
    НаправлениеМотораВДвижениеВперед = Sheets("Исходные параметры").Cells(4, 4).Value
    НаправлениеМотораАДвижениеНазад = Sheets("Исходные параметры").Cells(5, 4).Value
    НаправлениеМотораВДвижениеНазад = Sheets("Исходные параметры").Cells(6, 4).Value
    Поворот
    СкоростьМотораАПоворотВправо = Sheets("Исходные параметры").Cells(8, 2).Value
    СкоростьМотораВПоворотВправо = Sheets("Исходные параметры").Cells(9, 2).Value
    СкоростьМотораАПоворотВлево = Sheets("Исходные параметры").Cells(11, 2).Value
    СкоростьМотораВПоворотВлево = Sheets("Исходные параметры").Cells(12, 2).Value
    ВремяМотораАПоворот = Sheets("Исходные параметры").Cells(8, 3).Value
    ВремяМотораВПоворот = Sheets("Исходные параметры").Cells(9, 3).Value
    НаправлениеМотораАПоворотВправо = Sheets("Исходные параметры").Cells(8, 4).Value
    НаправлениеМотораВПоворотВправо = Sheets("Исходные параметры").Cells(9, 4).Value
    НаправлениеМотораАПоворотВлево = Sheets("Исходные параметры").Cells(11, 4).Value
    НаправлениеМотораВПоворотВлево = Sheets("Исходные параметры").Cells(12, 4).Value

    Строка = 1
    СтрокаПрограммы = 1
    While Sheets("Маршрут").Cells(Строка, 1).Value <> ""
        If Sheets("Маршрут").Cells(Строка, 1).Value = "вперед" Then ДвижениеВперед
        If Sheets("Маршрут").Cells(Строка, 1).Value = "назад" Then ДвижениеНазад
        If Sheets("Маршрут").Cells(Строка, 1).Value = "вправо" Then ПоворотВправо
        If Sheets("Маршрут").Cells(Строка, 1).Value = "влево" Then ПоворотВлево
        Строка = Строка + 1
    
```

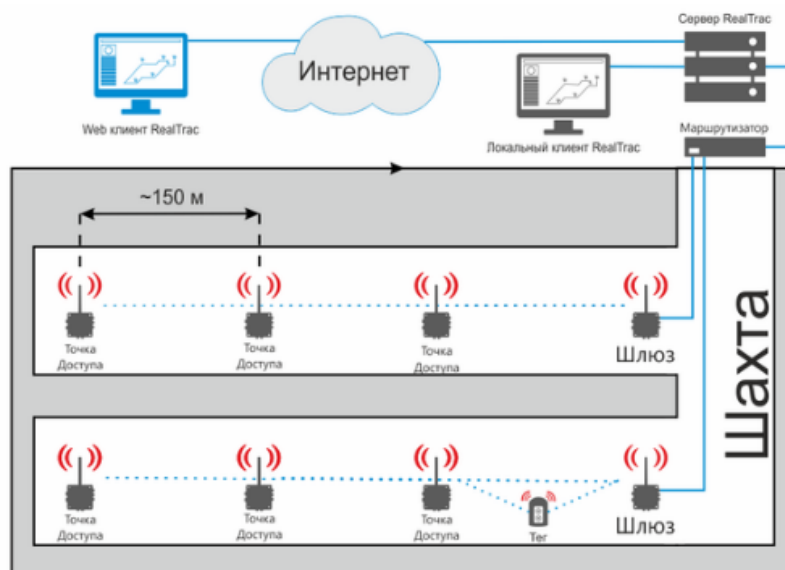
```

Wend
End Sub
Sub ДвижениеВперед()
Sheets("Листинг").Cells(СтрокаПрограммы, 3).Value = "Motor A " + "Speed " + "Forward " +
Str(СкоростьМотораАДвижение) + _
" Time " + Str(Sheets("Маршрут").Cells(Строка, 2).Value * ВремяМотораАДвижение) + " s " + " (-)"
Sheets("Листинг").Cells(СтрокаПрограммы + 1, 3).Value = "Motor B " + "Speed " + "Forward " +
Str(СкоростьМотораВДвижение) + _
" Time " + Str(Sheets("Маршрут").Cells(Строка, 2).Value * ВремяМотораВДвижение) + " s " + " \^/"
Range(Cells(СтрокаПрограммы, 3), Cells(СтрокаПрограммы, 8)).Select
Оформление
Range(Cells(СтрокаПрограммы + 1, 3), Cells(СтрокаПрограммы + 1, 8)).Select
Оформление
СтрокаПрограммы = СтрокаПрограммы + 2
End Sub
Sub ДвижениеНазад()
Sheets("Листинг").Cells(СтрокаПрограммы, 3).Value = "Motor A " + "Speed " + "Reverse " +
Str(СкоростьМотораАДвижение) + _
" Time " + Str(Sheets("Маршрут").Cells(Строка, 2).Value * ВремяМотораАДвижение) + " s " + " (-)"
Sheets("Листинг").Cells(СтрокаПрограммы + 1, 3).Value = "Motor B " + "Speed " + "Reverse " +
Str(СкоростьМотораВДвижение) + _
" Time " + Str(Sheets("Маршрут").Cells(Строка, 2).Value * ВремяМотораВДвижение) + " s " + " \^/"
Range(Cells(СтрокаПрограммы, 3), Cells(СтрокаПрограммы, 8)).Select
Оформление
Range(Cells(СтрокаПрограммы + 1, 3), Cells(СтрокаПрограммы + 1, 8)).Select
Оформление
СтрокаПрограммы = СтрокаПрограммы + 2
End Sub

Sub ПоворотВправо()
ВремяПоворота = ВремяМотораАПоворот * (Sheets("Маршрут").Cells(Строка, 2) / 90)
Sheets("Листинг").Cells(СтрокаПрограммы, 3).Value = "Motor A " + "Speed " + "Reverse " +
Str(СкоростьМотораАПоворотВправо) + _
" Time " + Str(ВремяПоворота) + " s " + " (-)"
Sheets("Листинг").Cells(СтрокаПрограммы + 1, 3).Value = "Motor B " + "Speed " + "Forward " +
Str(СкоростьМотораВПоворотВправо) + _
" Time " + Str(ВремяПоворота) + " s " + " \^/"
Range(Cells(СтрокаПрограммы, 3), Cells(СтрокаПрограммы, 8)).Select
Оформление
Range(Cells(СтрокаПрограммы + 1, 3), Cells(СтрокаПрограммы + 1, 8)).Select
Оформление
СтрокаПрограммы = СтрокаПрограммы + 2
End Sub
Sub ПоворотВлево()
ВремяПоворота = ВремяМотораАПоворот * (Sheets("Маршрут").Cells(Строка, 2) / 90)
Sheets("Листинг").Cells(СтрокаПрограммы, 3).Value = "Motor A " + "Speed " + "Forward " +
Str(СкоростьМотораАПоворотВлево) + _
" Time " + Str(ВремяПоворота) + " s " + " (-)"
Sheets("Листинг").Cells(СтрокаПрограммы + 1, 3).Value = "Motor B " + "Speed " + "Reverse " +
Str(СкоростьМотораВПоворотВлево) + _
" Time " + Str(ВремяПоворота) + " s " + " \^/"
Range(Cells(СтрокаПрограммы, 3), Cells(СтрокаПрограммы, 8)).Select
Оформление
Range(Cells(СтрокаПрограммы + 1, 3), Cells(СтрокаПрограммы + 1, 8)).Select
Оформление
СтрокаПрограммы = СтрокаПрограммы + 2
End Sub
Sub Оформление()
With Selection
.MergeCells = True
End With
With Selection.Font
.Name = "Arial Cyr"
.FontStyle = "полужирный"
.Size = 12
.ColorIndex = 2
End With
End With
With Selection.Interior
.ColorIndex = 46
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
End With
End Sub

```


Система беспроводной связи в угольных шахтах



Технология	Стандарт	Тип	Пропускная способность	Радиус действия	Частоты
Wi-Fi	802.11	WLAN	До 54 Мбит/с	До 100 м	2,24 ГГц

Контрольные значения показания датчиков комплекса мониторинга

Параметр	Допустимый	Критический	Опасный
Температура воздушной среды (t, °C)	0 – 30	31 – 33	34 и >
Влажность (%)	40 – 60	61 – 75	76 и >
Дым			
Угарный газ (CO) (ppm = 10 ⁻⁶)	30 – 49	50 – 70	71 и >
Метан (CH ₄)	1 – 7	8 – 16	17 и >