

УДК 004

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рудяков Кирилл Константинович¹, учащийся группы ИЭ-101

Научный руководитель: Паскарь Иван Николаевич², ст.преподаватель

¹Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, Центр талантов «Кемерово» («УникУм»), г. Кемерово

²Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

По данным Международной организации труда (МОТ), ежегодно на производстве происходит около 340 миллионов несчастных случаев, из которых около 2,3 миллионов заканчиваются смертельным исходом. Кроме того, 160 миллионов человек ежегодно страдают от профессиональных заболеваний, и в трети случаев это приводит к нетрудоспособности на четыре и более дней. Отсюда возникает потребность в специализированной системе безопасности для снижения количества производственных травм и их последствий.

Целью работы является разработка комплексной системы безопасности, контролирующей состояние работников и показатели окружающей среды. Задачи: 1. Разработать концепцию работы системы, позволяющей снизить время реагирования на несчастные случаи; 2. Создать прототип системы, состоящий из модуля для каски и нагрудного модуля; 3. Апробировать систему на промышленном предприятии.

В настоящее время на рынке промышленной безопасности представлено несколько решений, направленных на мониторинг условий труда и предотвращение аварийных ситуаций. В ходе исследования были выделены три ключевых аналога:

1. RealTrac «Завод» [11] – система, ориентированная на предотвращение инцидентов, связанных с давкой и несанкционированным доступом в опасные зоны. Однако её функционал ограничен задачами контроля перемещения персонала и не включает комплексный мониторинг состояния окружающей среды или здоровья работников [11].

2. SOFTLINE «Умные каски» [2] – интеллектуальная система, обеспечивающая контроль соблюдения требований охраны труда. Основной упор сделан на обнаружение ношения СИЗ, но отсутствует модуль оперативного оповещения при падениях или утечках газов.

3. MIRAX ST[6] – специализированное решение для химических предприятий, включающее датчики опасных веществ и систему тревожной

сигнализации. Главный недостаток – узкая направленность, затрудняющая адаптацию для других отраслей.

После подробного анализа конкурентов было выявлено, что в настоящее время в России наблюдается множество проектов, ориентированных на создание подобных систем. Каждая система эффективно применяется для своих задач. Например, RealTrac[11] отлично справляется с задачей исключения инцидентов, связанных с давкой, но основная тенденция заключается в том, что большинство данных решений предназначены для определенных предприятий. Однако такой подход приводит к затягиванию процесса внедрения из-за необходимости изучения особенностей каждого предприятия. Это в свою очередь увеличивает затраты, поскольку требуется длительное проектирование системы.

После завершения разработки подобного решения для одного предприятия разработчики предпринимают попытки предложить свою систему другим организациям. Однако из-за уникальных особенностей каждой компании такие решения не всегда пригодны для использования в других организациях.

Таким образом, главным конкурентным преимуществом проекта может стать модульный подход к производству системы. Это позволит заказчику самому указывать нужный набор сенсоров и другого оборудования. При необходимости дополнения системы новым сенсором не требуется производить новые модули, а нужно лишь встроить датчик в существующий модуль. Таким образом, предприятие затрачивает меньшее время на индивидуальную разработку и обновления системы.

Предлагаемый программно-аппаратный комплекс для повышения безопасности труда состоит из:

- Носимые модули для сотрудников (нагрудный и для каски), собирающие данные о физическом состоянии работника, окружающей среде и позволяют отправлять сигналы SOS. Функциональность модулей адаптируется под специфику предприятия.

- Базовые станции, определяющие местоположение сотрудников, используя технологию трилатерации. Выбор типа станций и технологии позиционирования зависит от особенностей предприятия (внутренние/наружные работы).

- Централизованное программное обеспечение, которое обрабатывает данные, полученные с носимых модулей и базовых станций, отображает информацию на карте в режиме реального времени и позволяет операторам реагировать на чрезвычайные ситуации.

Модуль для каски содержит датчик горючих смесей (метан и сжиженный углеводородный газ), RGB светодиод для индикации состояния окружающей среды, акселерометр для определения падений рабочего или сильных ударов по каске.

Нагрудный модуль включает в себя датчик температуры и влажности, OLED дисплей и кнопка для просмотра сообщений из центра управления, кнопку SOS для вызова аварийной спасательной бригады (рис. 1-2).

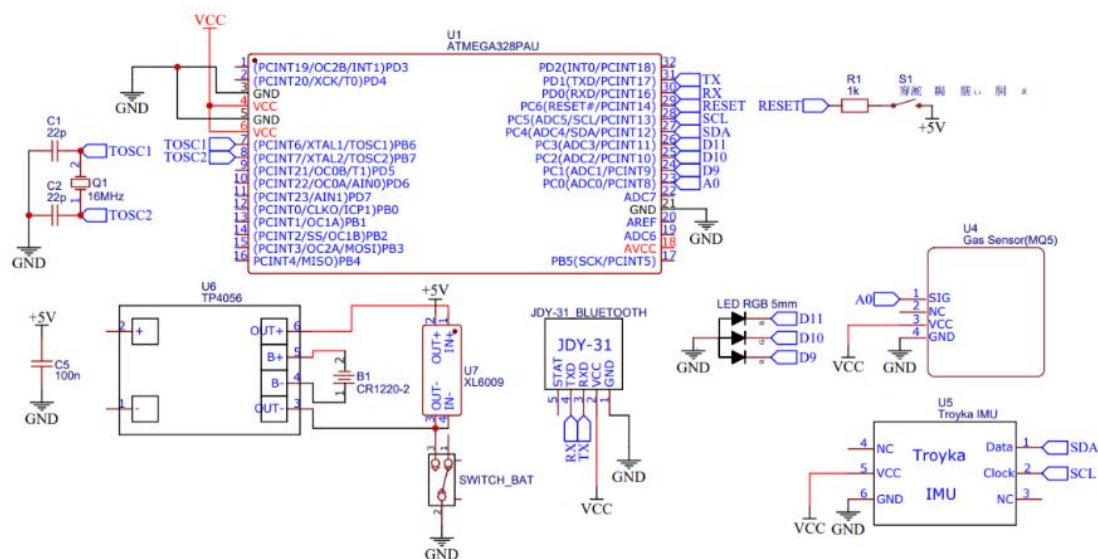


Рисунок 1. Схема модуля для каски.

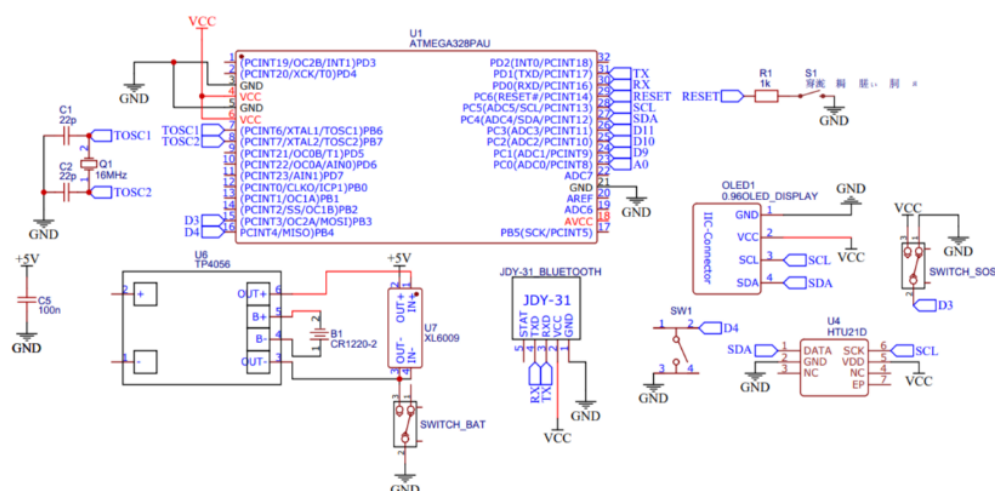


Рисунок 2. Схема нагрудного модуля.

Для отслеживания местоположения рабочих используются Bluetooth модули и метод трилатерации. Этот метод основан на измерении времени прохождения сигнала от рабочих до принимающих станций, что позволяет оценить расстояние между ними. Трилатерация выбрана из-за высокой точности и отсутствия необходимости в сложных антеннах, даже на больших расстояниях.

Алгоритм определения координат рабочего (точка Р) включает следующие шаги:

1. Выбирается система отсчета, связанная с предприятием, и определяются координаты Bluetooth станций, установленных на оборудовании.

2. Измеряется время прохождения сигнала от станции до рабочего, и вычисляется расстояние $S = t * c$, где t — время, c — скорость света.

3. Координаты рабочего находятся с помощью формулы Евклидова расстояния, используя известные координаты станций и вычисленное расстояние S .

Этот метод также применим в трехмерном пространстве, с добавлением координаты по оси z (рис. 3).

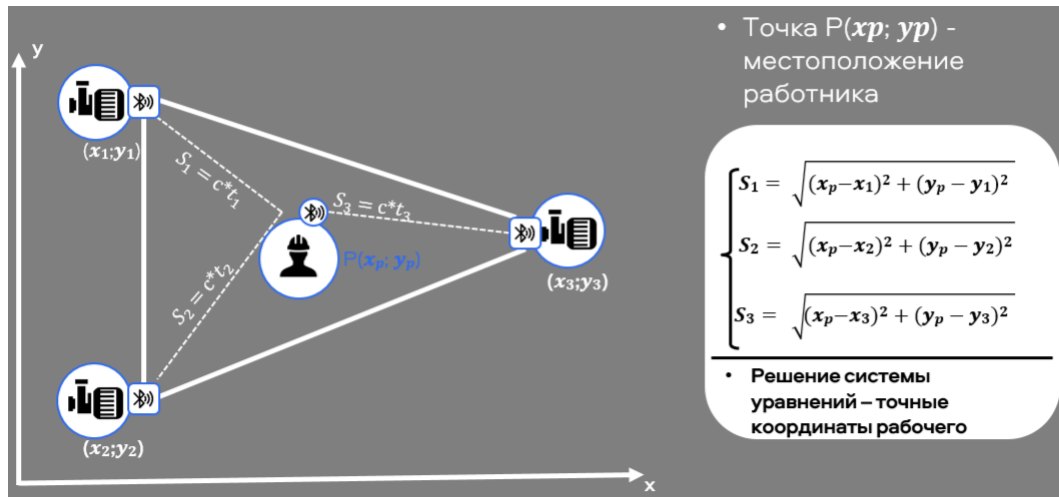


Рисунок 3. Схема отслеживания месторасположения.

Для разработки приложения, отображающего данные с модулей, был выбран язык программирования Processing [3], который предназначен для создания мультимедиа приложений. Также используются библиотеки processing.serial для считывания данных из COM-PORT и controlP для различных визуальных элементов.

Самая важная часть программного кода — это парсинг данных, полученных с Bluetooth модуля. В коде происходит разбиение строки на ключи и значения. Пример строки полученного с модуля: 0, 28; 1, 68; 2, BIG FALL. После разбиения строки, используется конструкция switch&case для записи значения в отведенную переменную, которая потом используется для отображения в интерфейсе (рис. 4).

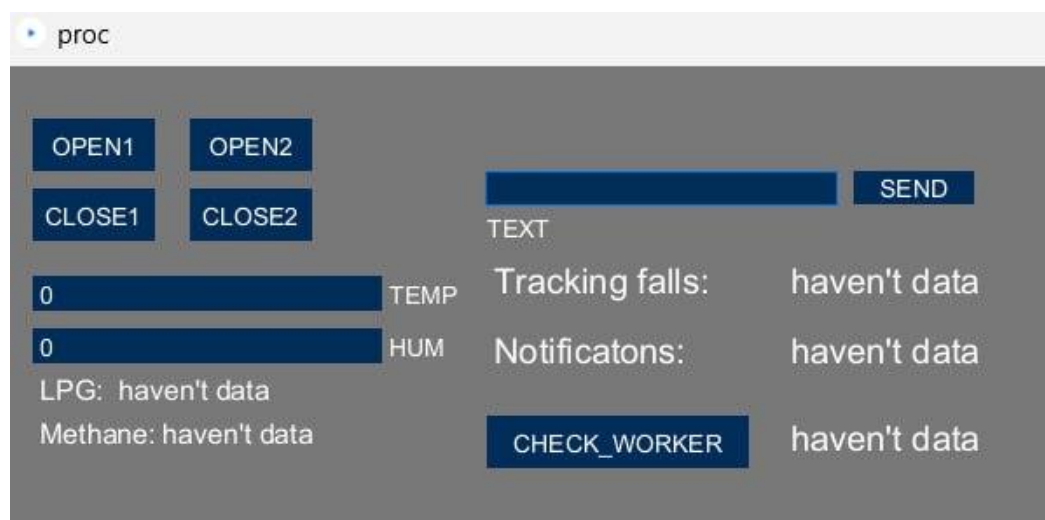


Рисунок 4. GUI приложение.

Также в коде присутствует функция для отправки данных на нагрудный модуль. Сначала считывается значение с определенного текстового поля в интерфейсе. Далее это значение печатается в COM-PORT нагрудного модуля. Пример пакета данных: «0, do work;».

Модуль для каски выполняет следующие функции:

- Считывание и вывод данных концентрации метана и сжиженного нефтяного газа.
- Отслеживание движения посредством акселерометра.
- Управление цветом светодиода на основе движения.
- Передача данных по беспроводному протоколу связи.
- Подключение модуля зарядки и аккумулятора, а также переключателя для включения и выключения модуля.

Нагрудный модуль выполняет следующие функции:

- Передача данных по беспроводному протоколу связи.
- Считывание данных влажности.
- Подключение модуля зарядки и аккумулятора, а также переключателя для включения и выключения модуля.
- Отправка сигнала SOS посредством кнопки-слайсера.
- Отображение сообщений из центра управления на дисплее устройства.
- Вывод данных в GUI приложение и их последующая визуализация.

В таблице 1 приведен конкурентный анализ.

Таблица 1

Конкурентный анализ

	Отслеживание работников	Сигнал SOS	Отслеживаемые физические и внешние показатели	Модульный подход
ISS	Bluetooth+Ethernet; Bluetooth	+	Пульс, движение, крупные падения, температура, влажность, уровень загрязненности и т.д.	+
SOFTLINE «Умные каски»	Отслеживание силы сигнала LoRaWAN	-	Серьезные удары по каске, температура.	-
MIRAX ST	GPS, маяки BLE, LoRaWan	+	Температура, влажность, уровень загрязненности, пульс	-
RealTrac	Wi-Fi; LoRa ; BLE(зависит от запроса заказчика)	-	Отслеживается только месторасположение	-

Таким образом система ISS сможет стать конкурентоспособным продуктом на Российском рынке с помощью модульного подхода к устройствам, а как следствие стать более эффективной для многих производств.

Список литературы:

1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА. – URL: <https://vgmu.hse.ru/data/2020/12/11/1356591783/Кузнецова.pdf> – Текст: электронный.
2. Программно-аппаратный комплекс «Умные каски». – URL: <https://softline.ru/solutions/infrastructure-solutions/inzhenernyie-sistemyi/programmno-apparatnyj-kompleks-umnye-kaski> – Текст: электронный.
3. Официальный сайт с документацией про Processing. – URL: <https://processing.org/> – Текст: электронный.
4. «Причины травм на рабочем месте и пути их предотвращения». - URL: <https://oborona.media/occupational-injuries-causes/> – Текст: электронный.
5. Что такое индустрия 4.0 и что нужно о ней знать – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/> – Текст: электронный
6. КОМПЛЕКС ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ MIRAX ST – URL: [https://mirax-safety.com/ru/production/kompleks-promyshlennoj-%20bezopasnosti-miraks-st-\(mirax-st\)](https://mirax-safety.com/ru/production/kompleks-promyshlennoj-%20bezopasnosti-miraks-st-(mirax-st)) – Текст: электронный.
7. Официальный сайт AMPERKA – URL: <https://amperka.ru/> – Текст: электронный.
8. Модули Bluetooth в промышленных приложениях и системах сбора информации – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/moduli-bluetooth-v-promyshlennyh-prilozheniyah-i-sistemah-sbora-informatsii-1> – Текст: электронный.
9. НЕСЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ: МИНИМИЗИРУЕМ ПОСЛЕДСТВИЯ – URL: <https://e.otruda.ru/394476> - Текст: электронный.
10. Анализ причин аварийности и травматизма в поднадзорных организациях за 2021 год. – URL: http://enis.gosnadzor.ru/about/reports/01_Анализ%20Аварийн%20и%20травматизма%20%20за%202021.pdf – Текст: электронный.
11. Система безопасности RealTrac – URL: <https://real-trac.com/ru/> - Текст: электронный.
12. Петин В.А., Проекты с использованием контроллера Arduino/ – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2016,- 464с.: ил. – (Электроника). ISBN 978-5-9775-3648-6.