

СТАТЬЯ

УДК 004:608.4

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА  
ИНДИВИДУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ НАЛИЧИЯ ФОРМЫ  
НА СОТРУДНИКЕ И ЕГО ИДЕНТИФИКАЦИИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ**

**Карпов Е.К., Маковкин К.В., Фитель В.В., Шлягина А.Л.**

*ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», Курган, e-mail: makovkin900@mail.ru*

Несмотря на то, что уровень технического развития в мире растет, до сих пор невозможна полная автоматизация предприятий. Эта проблема особенно актуальна для вредных производств, работа на которых может причинить вред здоровью сотрудников в случае отсутствия на них средств индивидуальной защиты (СИЗ). Поэтому для сотрудников таких предприятий существует необходимость ношения формы как СИЗ в соответствии с техникой безопасности (ТБ). В данной статье рассматривается процесс разработки программной и аппаратной частей комплекса индивидуальной системы контроля наличия формы на сотруднике и его идентификация на рабочем месте. Разработка аппаратной части основывается на выборе микроконтроллера, датчиков, необходимых для получения информации о соблюдении ТБ сотрудником, и выборе канала связи. Также в данном пункте рассматривается потребление тока устройством и рассчитывается время его работы без подзарядки. Разработка программной части включает в себя создание программного средства, предназначенного для оповещения о факте нарушения техники безопасности определенным сотрудником. Также данная часть включает в себя разработку программного средства для передатчика – устройства, находящегося на сотруднике. Для спроектированного устройства был разработан корпус, обеспечивающий степень защиты IP52. В рамках статьи была рассмотрена система, отслеживающая нарушения в ношении формы и присутствия сотрудника на рабочем месте. Данная система может быть дополнена и доработана.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, программное средство, датчики, алгоритм, программно-аппаратный комплекс

**DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX  
OF THE INDIVIDUAL SYSTEM FOR MONITORING THE AVAILABILITY  
OF THE FORM ON THE EMPLOYEE AND ITS IDENTIFICATION AT THE WORK PLACE**

**Karpov E.K., Makovkin K.V., Fitel V.V., Shlyagina A.L.**

*Kurgan State University, Kurgan, e-mail: makovkin900@mail.ru*

Despite the fact that the level of technical development in the world is growing, the full automation of enterprises is still impossible. This problem is especially relevant for noxious industries, work on which can harm the health of employees in the absence of personal protective equipment (PPE). Therefore, for employees of such enterprises, there is a need to wear uniforms like PPE in accordance with safety precaution (SP). This article discusses the process of developing the software and hardware of the complex of an individual system for controlling the presence of form on an employee and his identification at the workplace. The development of the hardware is based on the choice of a microcontroller, the sensors and the choice of a communication channel. Also in this paragraph, the current consumption of the device is considered and the time of its operation without recharging is calculated. The development of the software part includes the creation of a software designed to alert a to a safety violation by particular employee. This part also includes the development of software for the transmitter – a device located on the employee. For the designed device, housing has been developed that provides a degree of protection IP52. As part of the article, a system was examined that tracks violations in the wearing of uniforms and the presence of an employee in the workplace. This system can be supplemented and finalized.

**Keywords:** microcontroller, software, sensors, algorithm, hardware and software system

В настоящее время существует множество вредных, опасных производств, полная автоматизация которых невозможна; среди них: горнодобывающая отрасль, коксохимическая, металлообрабатывающая и другие [1]. На вредных, опасных предприятиях сотрудники обязаны носить средства индивидуальной защиты, но, к сожалению, не всегда выполняют это.

Цель исследования: разработка программно-аппаратного комплекса индивидуальной системы контроля наличия формы на сотруднике и его идентификации на рабочем месте.

*Обоснование необходимости разработки программно-аппаратного комплекса индивидуальной системы контроля наличия формы*

Сотрудники предприятий, а особенно сотрудники, работающие на вредных производствах, должны носить форму как средство индивидуальной защиты. Отсутствие формы на специалисте может повлечь причинение вреда его здоровью. Поэтому в рамках данной работы было спроектировано программно-аппаратное средство, способное идентифицировать сотрудника, от-

слеживать наличие формы на нем, а также информировать об этом соответствующие службы предприятия. Исходя из поставленной проблемы, необходимо определить, кто из сотрудников присутствует на рабочем месте. Помимо этого устройство должно определять, надета ли на сотруднике форма. В качестве датчика, отвечающего за информацию о наличии формы на сотруднике, предлагается использовать инфракрасный датчик. В зависимости от конкретных средств индивидуальной защиты возможно использование и других датчиков, например датчиков Холла. Данное устройство должно быть беспроводным для передачи данных на мобильное устройство соответствующей службе предприятия, поэтому нужно выбрать способ связи. В качестве канала связи могут быть выбраны модуль Bluetooth, Wi-Fi или модуль NRF24L01. Канал связи выбирается в зависимости от дистанции до приёмника: для Bluetooth-модуля до 20 м, Wi-Fi – 100–150 м, а для радиомодуля NRF24L01 дистанция до 1 км. Для обработки информации, поступающей с датчиков, управления процессом обработки этих данных и передаче их по беспроводному каналу связи необходим микроконтроллер.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Для определения того, присутствует ли сотрудник на предприятии, можно использовать RFID-метки. Так как они являются достаточно распространенными, на многих предприятиях имеются считыватели RFID-меток и индивидуальные метки работников, поэтому внедрение подобного программно-аппаратного средства будет экономически выгодно.

Для определения наличия формы на сотруднике предполагается использовать инфракрасный датчик. Датчик будет фиксировать тепловое излучение сотрудника, а при изменении интенсивности излучения (снятия средства индивидуальной защиты) сигнал будет передан на микроконтроллер.

На некоторых средствах индивидуальной защиты удобнее и целесообразнее будет использовать датчик Холла. Предполагается в средство индивидуальной защиты встраивать магниты, при отдалении магнита от датчика будет передан сигнал на микроконтроллер.

В качестве инфракрасного датчика предлагается использовать Arduino HC-SR501, так как он оптимален для выполнения данной задачи.

Для дополнительного контроля за безопасностью сотрудника возможно дополнение устройства другими датчиками в зави-

симости от факторов, влияющих на человека на том или ином вредном производстве. Например, датчиками угарного газа, ионизирующего излучения, удара и т.д.

Выбор канала связи был сделан в пользу Bluetooth-модуля HC-06 [2], так как он, по сравнению с радио- и Wi-Fi-модулями, потребляет меньший ток, что повышает автономность устройства. Также он дешевле, чем Wi-Fi-модуль. Bluetooth-модуль является стабильным по сигналу, распространенным, а также сигнал с этого модуля можно отслеживать через телефон [3].

В разработанном устройстве используется микроконтроллер фирмы ATMEL Atmega328p, так как он совместим с огромным количеством цифровых, аналоговых и цифро-аналоговых датчиков, имеет достаточное быстродействие, функцию обработки внешних и внутренних прерываний, 6 режимов сна (пониженное энергопотребление и снижение шумов для более точной работы АЦП), достаточное количество цифровых и аналоговых входов и выходов.

Для уменьшения потребления тока и увеличения продолжительности работы устройства от аккумулятора, а также минимизации габаритов устройства можно использовать микроконтроллер фирмы ATMEL ATtiny24, выполненный в корпусе SOIC-14-3.9, размеры которого  $8,71 \times 4 \times 1,5$  мм. Имеет малый потребляемый ток:

– Активный режим: 1 МГц, 1,8 В: 380 мкА;

– Режим снижения потребляемой мощности: 100 нА при 1,8 В.

Рассчитаем потребление тока всего устройства:

– Модуль Bluetooth HC-05-50 мА;

– RFID-модуль RC522-26мА;

– Инфракрасный датчик HC-SR501 – 50 мА;

Потребление тока всего устройства примерно 127 мА.

При использовании двух аккумуляторов 18650 емкостью 3300 мА/ч данное устройство проработает  $6600/127 = 52$  ч без подзарядки.

На основании этого подбора элементов были разработаны схема электрическая принципиальная и схема структурная (рис. 1, 2).

Были собраны тестовые модели данных устройств, которые представлены на рис. 3.

После разработки аппаратной части передатчика, осуществляющего контроль за сотрудником, встала задача разработки программного средства для передатчика (устройства, находящегося на сотруднике) и для мобильного средства, информирующего о состоянии датчиков.

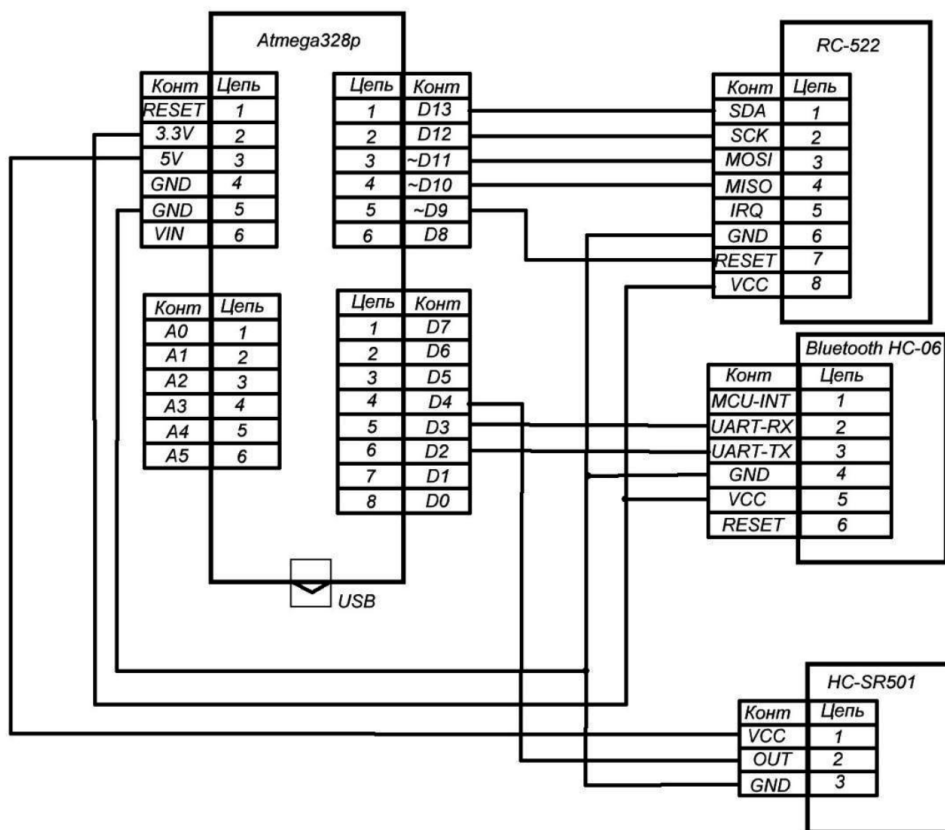


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема

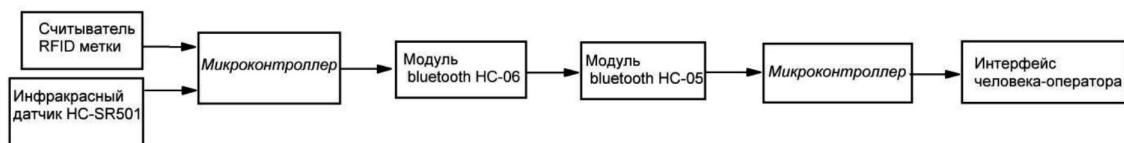


Рис. 2. Структурная схема

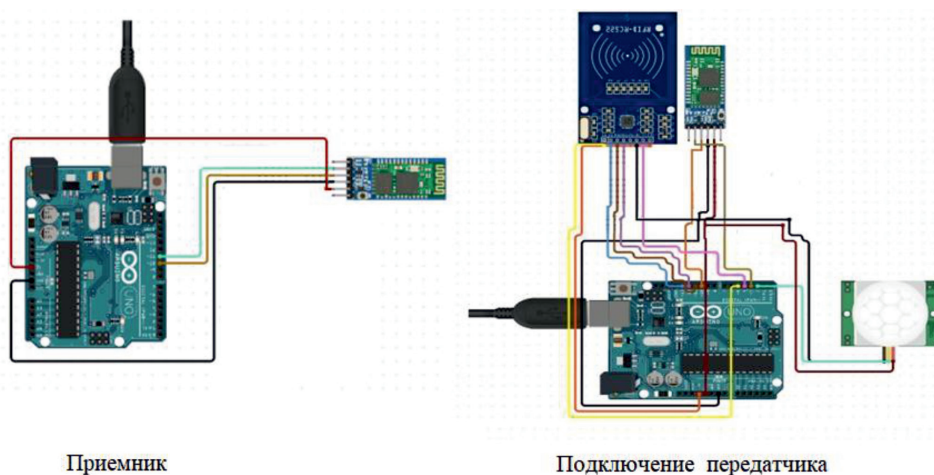


Рис. 3. Тестовые модели приемника и передатчика

В соответствии с задачами, которые должно выполнять программное средство передатчика, был разработан алгоритм его работы (рис. 4). Как видно из блок-схемы алгоритма (рис. 4), в программе имеются три ветвления (проверка условий выполнения), прочитана ли RFID метка, снял ли сотрудник средство индивидуальной защиты и, если была прочитана метка или снят датчик, передача уведомления на мобильное устройство.



Рис. 4. Блок-схема программного средства передатчика

В соответствии с задачами, которые должно выполнять программное средство мобильного устройства, был разработан алгоритм его работы (рис. 5). Как видно из блок-схемы алгоритма (рис. 5), программное средство, предназначенное для мобильного устройства значительно сложнее, чем для микроконтроллера. При загрузке программы производится чтение данных обо всех сотрудниках из соответствующего файла и выделение динамического массива объектов класса под них. В бесконечном цикле обработки событий проверяется: был ли

принят пакет данных от микроконтроллера, если пакет был принят, то идет его обработка. Обработка заключается в изменении отображаемой информации на экране мобильного устройства.



Рис. 5. Блок-схема программного средства мобильного устройства

Так как специалисты по обеспечению безопасности на рабочем месте должны сразу же узнавать о факте нарушения техники безопасности, было разработано приложение для мобильных устройств. Интерфейс предоставляет полный пакет информации о состоянии сотрудника и позволяет быстро реагировать в случае нарушения техники безопасности. Сам интерфейс простой



и интуитивно понятный пользователю. Он состоит из кнопок, обозначающих профили сотрудников. После нажатия на кнопку открывается страничка с данными о сотруднике. На данном этапе разработки программного обеспечения имеет множество недостатков. Дизайн программы минимален и незауряден. Не обдумывались средства защиты продукта. Используется минимальное количество данных о сотруднике (фамилия, имя, отчество, наличие сотрудника на работе, надета ли форма), хотя есть возможность добавления более подробной информации.

Программное средство для мобильного устройства возможно установить на любое устройство с ОС Android, у которого имеется Bluetooth-модуль.

Мы разработали прототип корпуса для устройства, которое может быть встроено в разнообразную спецформу, что делает его универсальным. Он защищает устройство от механических воздействий и контакта человека, обеспечивает частичную пылезащищенность. Имеет слабую влагозащищенность, вода может проникать через отверстия под датчик и вывод USB-разъема. 3D модель корпуса для печати была спроектирована в программе Компас-3D. Корпус легко печатается на 3D принтере из пластика и обеспечивает степень защиты IP52.

Возникает вопрос экономической выгоды покупки таких устройств.

Примерная стоимость аппаратной части оценивается:

- МК ATtiny24 – 85 руб.;
- считыватель RFID меток – 100 руб.;
- bluetooth модуль HC-06 – 140 руб.;
- инфракрасный датчик HC-SR501 – 60 руб.;

Итоговая цена 385 руб. за одно устройство. По сравнению со штрафами, предусмотренными за нарушение требований охраны труда законодательством, эта сумма в разы меньше.

Например, за несоблюдение и нарушение этих правил наступает ответственность в виде штрафа в размере от 2 до 5 тыс. руб. для должностных лиц и предпринимателей, от 50 до 80 тыс. для юридических лиц.

Дальнейшее развитие:

1. Использование датчиков, фиксирующих дополнительную информацию, например шум, загрязнение воздуха и т.д.

2. Добавление кнопок экстренного вызова, если с сотрудником что-то случилось.

3. Дополнение системы компонентами для определения местонахождения сотрудника на предприятии.

4. Доработка программного обеспечения.

Согласно статье 212 Трудового кодекса Российской Федерации ответственность за

предоставление безопасных условий и охрану труда возлагается на работодателя. Поэтому рынок средств охраны труда продолжает стремительно развиваться, активно внедряются технологии в одежду, делая ее «умной», тем самым упрощая работу и делая ее безопасной.

Решения проблемы разработки программно-аппаратного комплекса индивидуальной системы контроля наличия формы на сотруднике и его идентификации на рабочем месте также осуществлялись компаниями «Корпоративные Системы» и их система ZBLocation System [5], «GOODWIN» – система «Гудвин-Нева» [6], «Росомз» – система «умная каска».

БППУ ТАЛЕЖ от компании «GOODWIN» помимо определения местоположения и наличия средств индивидуальной защиты могут содержать датчики, отслеживающие состояние здоровья человека: датчики пульса, давления, датчик падения (обладают возможностью коммутации с такими устройствами, как фитнес-браслеты, кардиомониторы, метки на спецодежде); датчики, определяющие состояние внешней среды: температура, влажность, освещенность, загазованность, задымленность; обладают возможностью голосовой связи, двусторонней передачи сигнала SOS, передачи сообщений, а также циркулярного вызова, определяют активность (падение).

ZBLocation System относится к классу RTLS-систем (Real Time Location System) и строятся на базе RFID-технологий (радиочастотная идентификация). Данная система содержит беспроводные датчики в корпусах из ударопрочного пластика, закрепленные на строительных касках, а также базовые станции, которые располагаются на специальных мачтах. Технологические преимущества беспроводной сети ZigBee и программной среды, разработанной компанией «Корпоративные Системы», позволяют использовать эту сеть для передачи информации с различных датчиков и для управления различными системами. Также эта система позволяет контролировать нахождение сотрудников в опасных зонах, время присутствия персонала на работе, анализировать занятость персонала на объекте, имеет представления детального анализа по движению контролируемых объектов в разрезе чертежей, организаций, позволяет получать статистику за различные периоды.

Росомз разработал «умную каску» для обеспечения и соблюдения безопасного труда. Каска снабжена такими функциями [7]:

- определение наличия каски на голове;
- информация о серьезных ударах по каске;
- функция SOS «Мне нужна помощь»;

– факт неподвижности и падения сотрудника с высоты;

– измерение температуры внутри каски;

Каска синхронизируется с базовой станцией.

Компания UVEX TechWear занимается разработкой и внедрением умной системы индивидуальной защиты [8]. Но делается исключительно для касок. Есть производства, где нужно контролировать систему индивидуальной защиты на теле. Тогда их системы будут неудобны и будут иметь большие габариты.

Использование RFID-меток отдельно усложняет систему, нужно много считывателей, и дает лишь способ отслеживания перемещения, а также защиту от выноса за пределы предприятия. Метки не занимают много места, но не имеют возможности следить за соблюдением техники безопасности. Внедрение RFID-меток нересурсоемкое, в принципе, как и наше устройство [9].

Британская компания Eleksen оснастила рабочую одежду железнодорожников умной системой [10]. Она определяет расстояние между рабочим и приближающимся поездом и оповещает об этом как работника, так и машиниста поезда. Оснащена функцией оповещения руководства о любых происшествиях. Собирает данные о происшествиях и проведенных работах. Внедрена система геопозиционирования GPS/GSM и связи по радио.

### Заключение

Данная система является вспомогательной по отношению к стандартным средствам безопасности, установленных на производствах, и ее задача заключается в отслеживании нарушений ношения формы.

По сравнению с моделью «умной каски» (Росомз) наше устройство в этом плане универсально, оно может связываться с мобильными устройствами, которые распространены, что делает ее более простой.

Также очень легко расширить ассортимент возможностей нашей системы путем добавления новых датчиков. Это позволяет скопировать любую функцию другого устройства в зависимости от требований. Таким образом можно исключить практиче-

ски все угрозы здоровью и жизни. Наша система обладает способностью контролировать приход и уход сотрудников по времени, а также идентифицировать личность. Она легко встраивается в любую одежду.

По сравнению с рассмотренными решениями разработанная нами система дешевле, способна идентифицировать сотрудников, а также, в отличие от решения, предлагаемого компанией «Корпоративные Системы», способна контролировать наличие формы на сотруднике. Наша система более универсальна, может оснащаться нужными датчиками в зависимости от требований и легко встраиваться в любое СИЗ, проста в реализации и дальнейшей эксплуатации.

В ходе выполнения работы было разработано устройство, интерфейс для оператора и получен прототип индивидуальной системы идентификации наличия формы на сотруднике.

### Список литературы

1. Перечень профессий с вредными условиями труда по ТК РФ в 2019 году. [Электронный ресурс]. URL: <https://mat-kap.ru/trudovoe-pravo/perechen-professiy-soderzhaschih-vrednye-usloviya-truda-v-2019> (дата обращения: 20.10.2019).
2. Модули последовательного интерфейса Bluetooth Пункт управления рользователя. [Электронный ресурс]. URL: <http://s.siteapi.org/b2a66604b1dde25.ru/docs/e1cbedd2c04d9be85754a06960657672eee7acdc.pdf> (дата обращения: 20.10.2019).
3. Интернет-магазин. [Электронный ресурс]. URL: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/besprovodnaya-s> (дата обращения: 20.10.2019).
4. Степень защиты ip67 и ip68 расшифровка. [Электронный ресурс]. URL: <https://smartphonus.com/степень-защиты-ip67-и-ip68-расшифровка> (дата обращения: 20.10.2019).
5. Компания «Корпоративные Системы». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.corsys.ru/info/cs.nsf/0/881E64842899EC30C4257B24003A80EA?OpenDocument> (дата обращения: 20.10.2019).
6. Гудвин-Нева. [Электронный ресурс]. URL: <http://goodwin.ru/basic-solution/goodwin-neva> (дата обращения: 20.10.2019).
7. Росомз. «Умные каски» [Электронный ресурс] URL: <https://getsiz.ru/rosomz-sozdal-umnye-kaski.html> (дата обращения: 20.10.2019).
8. Умная система индивидуальной защиты. UVEX TechWear. [Электронный ресурс]. URL: <https://getsiz.ru/umnye-veshhi-uvex.html> (дата обращения: 20.10.2019).
9. RFID одежды и автоматизация учета спецодежды и вещей. [Электронный ресурс]. URL: <https://go-rfid.ru/primenenie/uchet-specodezhdi-i-belya> (дата обращения: 20.10.2019).
10. «Умные» СИЗ для железнодорожников. [Электронный ресурс]. URL: <https://getsiz.ru/umnye-siz-dlya-zheleznodorozhnikov.html> (дата обращения: 20.10.2019).