

УДК 658.5

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ РАБОТНИКОВ В РАМКАХ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

© 2021 Р.К. Нургалиев, Е.Ю. Климанова, О.В. Зеленко

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

Статья поступила в редакцию 19.10.2021

В статье приводятся аргументы в пользу внедрения современных информационных технологий в организации производства, в частности, в охране труда и обеспечении безопасности на производстве. Существует множество программных продуктов для автоматизации деятельности специалистов по охране труда на производстве, однако они либо не обеспечивают полноценный интерфейс, который бы позволил защитить сотрудника от несчастных случаев, либо используют аппаратные средства отслеживания, запрещённые на производстве. На данный момент российский рынок не имеет полную функционирующую систему для охраны труда сотрудников (аппаратная и программная части), которая бы отслеживала координаты сотрудника, отображала местоположение работников на экране автоматизированного рабочего места охраны труда и оповещала о возможных нарушениях границ опасных зон. Была поставлена и реализована задача по созданию приложения для контроля передвижения работников на предприятии. Описан алгоритм реализации данной функции системы управления охраной труда за счет использования метода бесконтактной передачи данных посредством радиочастотных волн (RFID). Автоматизация производства, ускорение его операций с помощью RFID – более эффективны и менее рискованны с точки зрения масштабных технологических и социальных последствий. Более того, RFID-метки включают более широкий перечень информации и позволяют увеличивать скорость ее обработки. Для проектирования приложения была использована популярная методика - IDEF3. Диаграммы IDEF3 даёт представление о временной зависимости протекаемого процесса. Приведены средства разработки приложения, описаны их возможности. При создании frontend-части приложения были использованы следующие средства: JavaScript, TwoJS, HTML, SCSS, Parcel. Для эмулирования backend-части используется база данных, созданная с помощью Google Firebase. При проектировании архитектуры приложения используются парадигма из 5 основных принципов (SOLID), методика разработки программного кода (TDD) и парадигма программирования, раздел дискретной математики (FP). Представлен основной графический интерфейс пользователя с описанием функциональных возможностей. Автоматизированная система имеет следующий функционал – мониторинг сотрудников, регулирование доступа сотрудников, оповещение при нарушениях. В дальнейшем данную систему можно модернизировать, расширяя функционал, тем самым повышая эффективность отдела охраны труда на производстве.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, умное производство, система управления охраной труда, радиочастотная идентификация.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-6-56-61

ВВЕДЕНИЕ

Распространение Индустрии 4.0 ставит определенные задачи, связанные с роботизацией и цифровизацией всей производственно-экономической деятельности промышленных предприятий. Это обуславливает необходимость использования информационных технологий для развития умного производства на предприятии

ях в целях повышения эффективности работы и конкурентоспособности [1].

Цифровизация уже позволяет осуществлять более эффективный контроль производственной деятельности с большей прозрачностью, способностью быстро реагировать и принимать верные управленческие решения [2].

Автоматизация любого производственного процесса – закономерный этап развития предприятия. Руководитель стремится снизить затраты, но при этом увеличить качество выполняемого процесса, в том числе за счет организации безопасного производства.

Охрана труда - система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [3-4].

Нургалиев Рустам Карлович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой систем автоматизации и управления технологическими процессами. E-mail: nurgaliev@gmail.com

Климанова Елена Юрьевна, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации. E-mail: klimanovsl78@gmail.com

Зеленко Ольга Вячеславовна, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации. E-mail: o.v.zelenko@gmail.com

Россия входит в топ-5 стран, по количеству погибших и пострадавших на рабочем месте. По информации представительства Госкомстата необходимо учитывать, что реальный показатель выше на 40-50% официальных данных. Это связано с тем, что руководство предприятия зачастую скрывает факты несчастных случаев во избежание финансовой, административной и уголовной ответственностей.

Существует множество программных продуктов для автоматизации деятельности специалистов по охране труда на производстве, однако они либо не обеспечивают полноценный интерфейс, который бы позволил защитить сотрудника от несчастных случаев, либо используют аппаратные средства отслеживания, запрещённые на производстве.

Систему управления охраной труда (СУОТ), основанную на использовании видеонаблюдения, нельзя назвать надёжной. Она имеет существенные недостатки:

- Человеческий фактор, фактор ошибки (такие системы требуют постоянного и пристального внимания к записям видеокамер; если предприятие большое, то количество отслеживаемых мест возрастает – пропорционально с этим растёт возможность возникновения ошибки);
- Большие финансовые затраты (во-первых, необходимо оборудование, которое предоставляет хорошее качество съёмки; во-вторых, для полноты картины происходящего на предприятии, необходимо закупить большое количество видеоаппаратуры, чтобы не было слепых зон; в-третьих, камеры должны иметь достаточно большую устойчивость к перепадам температур, пыли, влажности);
- Надёжность получаемых данных (появление помех, создаваемых возможным электромагнитным полем; ограниченная продолжительность записи).

На данный момент российский рынок не имеет полную функционирующую систему для охраны труда сотрудников (аппаратная и программная части), которая бы отслеживала координаты сотрудника, отображала местоположение работников на экране АРМОТ (автоматизированное рабочее место охраны труда) и оповещала о возможных нарушениях границ опасных зон.

Целью исследования является снижение травматизма на предприятии, для этого пред-

лагается использовать автоматизированную систему охраны труда, которая имеет следующий функционал:

- Мониторинг передвижений сотрудников по предприятию;
- Регулирование доступа сотрудников к тем или иным зонам предприятия работниками отдела охраны труда;
- Оповещение при пересечении сотрудником запрещённой зоны.

К системе по охране труда на производстве предъявляются следующие требования:

- 1) Контроль за передвижением работников по предприятию (отображение передвижения на экране и определение каждому работнику определённых маршрутов передвижения).
- 2) Отображение информации по каждому работнику (ФИО, должность, доступные зоны, выбранный путь).
- 3) Редактирование списка сотрудников (добавление, удаление, редактирование информации о сотруднике).
- 4) Оповещение в приложении и Telegram-канале, если работник зашёл в запретную для него зону.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Была использована популярная методика проектирования - диаграммы IDEF3. Диаграмма IDEF3 даёт представление о временной зависимости протекаемого процесса.

Диаграмма IDEF3 отражает причинно-следственные связи, возникающие в моделируемом процессе. Диаграмма IDEF3 PFDD (рис. 1) отражает то, что происходит на каждом этапе процесса. Диаграмма IDEF3 OSTN (рис. 2) отражает переходные состояния объекта в моделируемом процессе.

Большинство компаний, предоставляющих системы отслеживания работников, в качестве аппаратного устройства предлагают браслеты с вшитым внутри акселерометром для фиксирования координат местонахождения сотрудника. При этом компании-разработчики, пытаясь создать универсальный продукт, ориентируются на весь рынок – офисы, склады, производства, не учитывают при этом специфику отдельных сфер. Например, для промышленных производств, по технике безопасности запрещены цепочки, браслеты, кольца и прочие предметы,



Рисунок 1 – Диаграмма IDEF3 PFDD

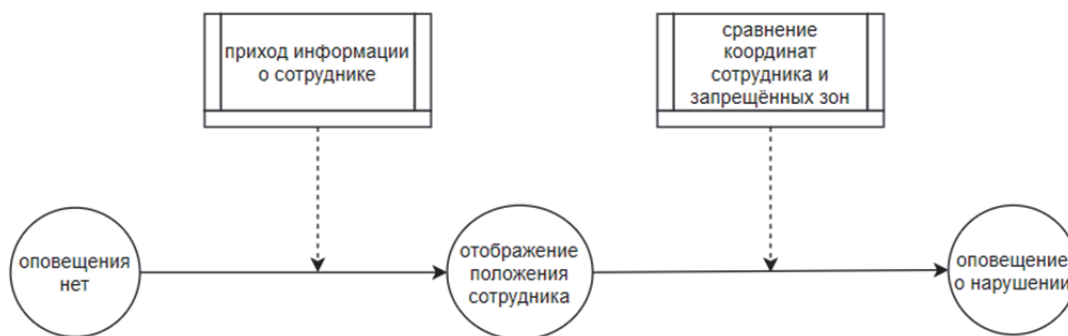


Рисунок 2 – Диаграмма IDEF3 OSTN

которые могут привести к повышению травматизма на рабочем месте.

Поэтому для сферы промышленности лучше использовать средства, не создающие дополнительную опасность для сотрудника, например, RFID-метки. Radio Frequency Identification (RFID) – радиочастотная идентификация, метод бесконтактной передачи данных посредством радиочастотных волн. Впервые данная технология использовалась военными во времена Великой Отечественной войны для распознавания самолётов союзников, после этого о ней забыли до начала XXI века.

Функционал RFID-метки легко масштабируемый из-за своей простой структуры - интегральной схемы. При необходимости к ней можно добавить гироскоп, пульсометр, термометр, термогигрометр и другие средства измерения параметров в зависимости от требований заказчика. Smart-браслеты имеют более сложную структуру, из-за этого масштабировать их сложнее. Для внедрения дополнительных датчиков необходимо производить реорганизацию браслета в целом, переопределять взаимодействия системы.

Проанализировав возможные аппаратные части для системы охраны труда, можно сделать вывод, что наиболее эффективным вариантом является использование RFID-меток. Использовать можно разные виды RFID-меток – наклейки-нашивки (рис. 3) или RFID-брелки (рис. 4) в зависимости от желаемого функционала.

При создании frontend-части приложения были использованы следующие средства: JavaScript, TwoJS, HTML, SCSS, Parcel.

JavaScript (JS) – это мультипарадигменный язык программирования с динамической типизацией, который поддерживает объектно-ориентированный, императивный и декларативный (например, функциональное программирование) стили программирования [5]. Язык JS подчиняется спецификации ECMA-262, основанной на языке программирования ECMAScript(ES).

TwoJS – библиотека JS с открытым исходным кодом, которая позволяет буквально рисовать в окне браузера. В разработанном приложении есть графическая часть – карта предприятия, которая должна быть динамичной. TwoJS предоставляет готовый набор классов, используя которые можно рисовать: стены и двери – Two.Line; зоны, наименование зон – Two.Rectangle, Two.Text; сотрудников – Two.Circle. Также с помощью TwoJS можно проектировать путь сотрудника, задавая соответствующие координаты.

Hypertext Markup Language (HTML) – язык для создания разметки разрабатываемой страницы. Состоит из тегов, описывающих структуру web-приложения, внутри которых находится контент – текст, изображения, видео и др.

Cascading Style Sheets (CSS) – формальный язык для создания оформления, дизайна web-страниц. При использовании CSS также можно создавать анимации и динамику для элементов



Рисунок 3 – Пример RFID-нашивки



Рисунок 4 – Пример RFID-брелка, закреплённого на грудной клетке сотрудника

вёрстки. CSS не является самостоятельным языком, его применяют для готовой HTML-вёрстки.

Syntactically Cascading Style Sheets (SCSS) – расширяет возможности CSS, предоставляет различные математические или логические методы структурирования данных.

Parcel – одна из популярных библиотек для упаковки разрабатываемого проекта наряду с Webpack и Gulp. Основная функция – собрать все модули проекта, библиотеки, зависимости, контент и объединить в один (или несколько, в зависимости от сложности проекта) файл. После такой упаковки web-проект готов к загрузке и работе в Интернете, а не только на локальном компьютере.

Для эмуляции backend-части используется база данных, созданная с помощью Google Firebase.

Google Firebase – сервис, предоставляющий различные облачные услуги и инструменты для разработки: база данных реального времени, облачные функции, хостинг, сервис для аутентификации пользователей и многое другое. Для создания автоматизированной системы охраны труда используется инструмент Cloud Firestore, это облачная база данных NoSQL, позволяющая хранить и синхронизировать данные при разработке клиент-серверного приложения.

При проектировании архитектуры приложения используются парадигма из 5 основных принципов (SOLID), методика разработки программного кода, созданная Kent Beck в 2003 году (TDD) и парадигма программирования, раздел дискретной математики (FP).

Принципы SOLID из парадигмы методологии программирования, основанной на представлении программы в виде совокупности объектов (ООП) позволяют создавать структурированный, адаптивный и легко масштабируемый код.

TDD подходит для разработки и проведения юнит-тестов – тесты, которые проверяют свой же функционал, не проверяя при этом работу системы в целом. Такой подход разработки позволяет создать:

- Надёжный и расширяемый код;
- Тесты, которые станут документацией к программному продукту, так как покрывают большую функциональную часть программы;
- Контролируемый код, защита от ошибок.

Основная задача TDD – разбить сложную программу на части. Поэтому выполняя такой цикл для каждого маленького функционального модуля программы, можно создавать большой управляемый программный код.

FP – парадигма разработки программы по средствам чистых функций, без мутирования данных и побочных эффектов. Благодаря FP код становится максимально предсказуемым и управляемым.

При запуске программы открывается схема здания, которая имеет статические элементы, такие как: внешние стены, внутренние стены, двери, отслеживаемые зоны. Если при запуске приложения в БД будут находиться данные о работниках, то они будут также отображены на экране.

Помимо этого, справа от схемы здания, находится кнопка «Список сотрудников» (рис. 5).

Панель «Список сотрудников» содержит информацию о каждом работнике, который внесён в БД приложения. Напротив имени каждого сотрудника находится кнопка «Редактировать» в виде карандаша.

В панели редактирования находятся кнопки «Сохранить изменения» и «Удалить сотрудника». При нажатии кнопки «Добавить сотрудника», открывается панель добавления сотрудника, где необходимо ввести данные в поля «ФИО» и «Должность», которые являются обязательными.

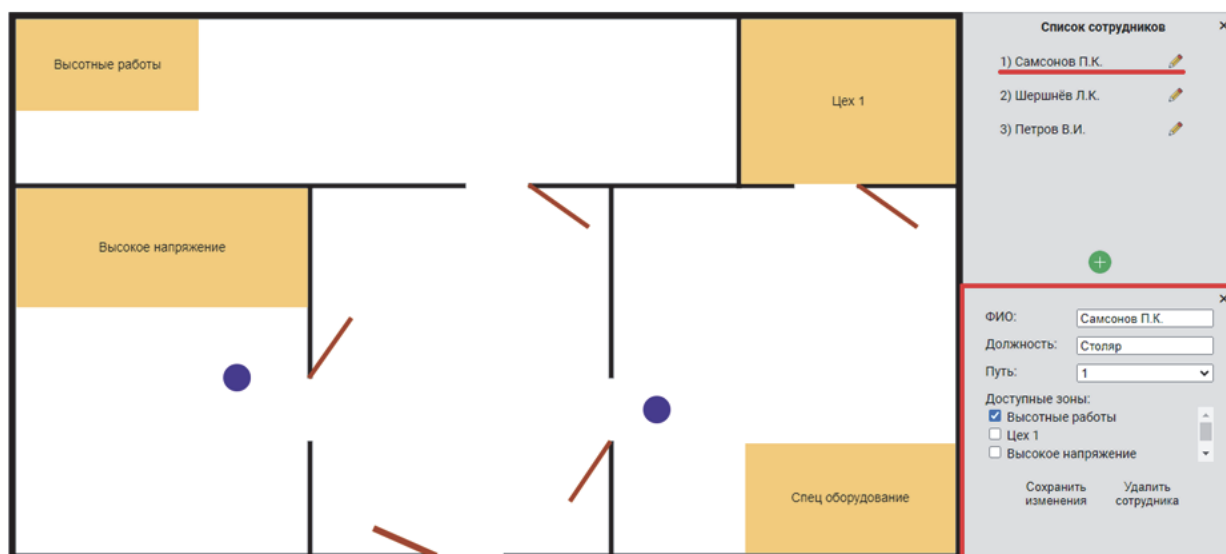


Рисунок 5 – Основная страница приложения

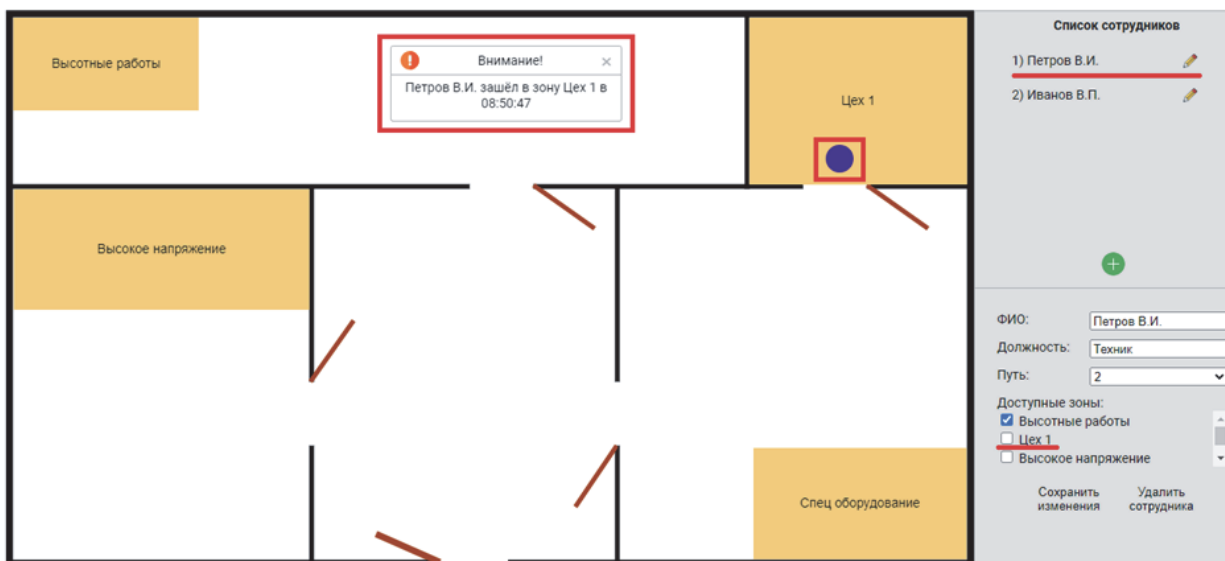


Рисунок 6 – Оповещение о нарушении сотрудника внутри приложения

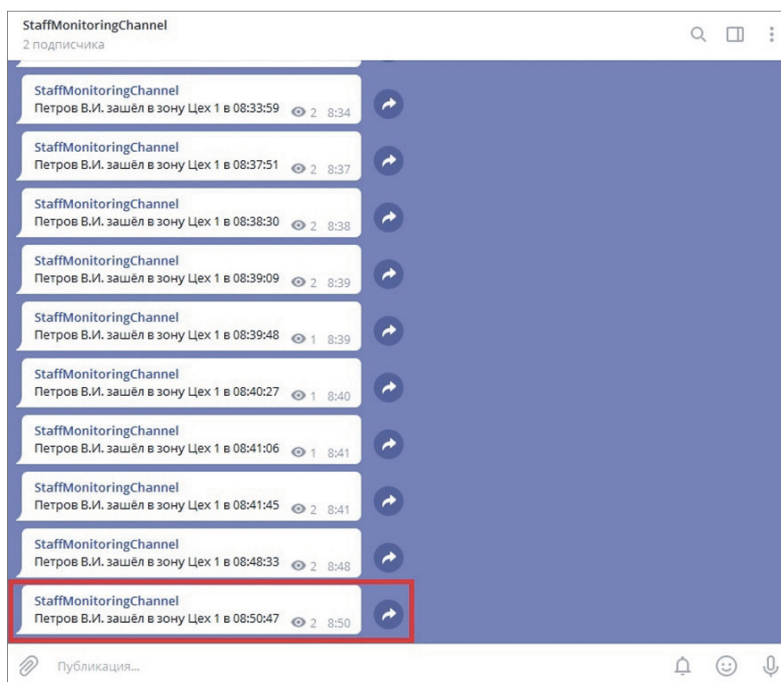


Рисунок 7 – Оповещение в Telegram-канале StaffMonitoringChannel

После корректно заполненных полей формы, сотрудник появится в панели список сотрудников.

Программа имеет систему оповещений о нарушениях сотрудников, которая срабатывает, если сотрудник заходит в зону, куда у него нет доступа (рис. 6).

Для того, чтобы получать оповещения в Telegram, достаточно найти канал StaffMonitoringChannel и оформить подписку (рис. 7).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За счет внедрения автоматизированной системы охраны труда планируется снижение травматизма на предприятии. Автоматизиро-

ванная система имеет следующий функционал – мониторинг сотрудников, регулирование доступа сотрудников, оповещение при нарушениях. Однако, для полной работоспособности необходимо заменить статические данные сотрудников на динамические, то есть получаемые в режиме реального времени. В дальнейшем данную систему можно модернизировать, расширяя функционал, тем самым повышая эффективность отдела охраны труда на производстве.

Технологии радиочастотной идентификации RFID (Radio Frequency Identification) в настоящее время широко применяются в складских операциях нефтехимических компаний и в дальнейшем будут только наращивать свое присутствие

не только в данной области деятельности [3]. В производственной деятельности нефтехимических предприятий использование технологии RFID вышло за пределы складских территорий и сегодня известны примеры использования данной информационной технологии для контроля производственного процесса. Автоматизация производства, ускорение его операций с помощью RFID – более эффективны и менее рискованны с точки зрения масштабных технологических и социальных последствий [1]. Более того, RFID-метки включают более широкий перечень информации и позволяют увеличивать скорость ее обработки.

Таким образом, использование цифровых технологий для организации производства способно осуществить прорыв в деятельности предприятия за счет применения возможностей искусственного интеллекта, автоматизации и роботизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нурғалиев, Р.К. Роль информационных технологий в развитии умного нефтехимического производства / Р.К. Нурғалиев // Экономические исследования и разработки. – 2021. – № 2. – С. 82-87.
2. Нурғалиев, Р.К. Перспективы развития умных нефтехимических производств / Р.К. Нурғалиев // Сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экономики и управления в XXI веке». – 2021. – С. 192-196.
3. Беляков, Г.И. Охрана труда и техника безопасности: учебник для прикладного бакалавриата / Г. И. Беляков. - Москва: Юрайт, 2016. — 404 с.
4. Современный учебник JavaScript: [Электронный ресурс]. 2007 – 2020. URL: <https://learn.javascript.ru/> (Дата обращения: 02.09.2021).
5. MDN web docs. Ресурсы для разработчиков, от разработчиков: [Электронный ресурс]. 2005 – 2020. URL: <https://developer.mozilla.org/ru/> (дата обращения: 02.09.2021).

IMPLEMENTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES TO ENSURE CONTROL OF THE MOVEMENT OF EMPLOYEES IN THE FRAMEWORK OF THE ORGANIZATION OF PRODUCTION

© 2021 R.K. Nurgaliev, E.Yu. Klimanova, O.V. Zelenko

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

The article provides arguments in favor of the introduction of modern information technologies in the organization of production, in particular, in labor protection and safety at work. There are many software products available to automate occupational safety and health professionals, but they either do not provide a complete interface to protect employees from accidents, or they use tracking hardware that is prohibited in the workplace. At the moment, the Russian market does not have a fully functioning system for labor protection of employees (hardware and software), which would track the coordinates of an employee, display the location of employees on the screen of an automated workplace for labor protection and notify about possible violations of the boundaries of hazardous areas. The task was set and implemented to create an application to control the movement of workers in the enterprise. The algorithm for the implementation of this function of the labor protection management system by using the method of contactless data transmission by means of radio frequency waves (RFID) is described. Automating production and accelerating its operations using RFID are more efficient and less risky in terms of large-scale technological and social consequences. Moreover, RFID tags include a wider range of information and allow to increase the speed of its processing. A popular technique, IDEF3, was used to design the application. IDEF3 diagrams give an idea of the time dependence of the ongoing process. Application development tools are presented, their capabilities are described. When creating the frontend part of the application, the following tools were used: JavaScript, TwoJS, HTML, SCSS, Parcel. To emulate the backend, a database created with Google Firebase is used. When designing an application architecture, a paradigm of 5 basic principles (SOLID), a programming methodology (TDD) and a programming paradigm, a section of discrete mathematics (FP) are used. The main graphical user interface is presented with a description of the functionality. The automated system has the following functionality - employee monitoring, employee access control, notification in case of violations. In the future, this system can be modernized, expanding the functionality, thereby increasing the efficiency of the labor protection department in production.

Keywords: Industry 4.0, smart manufacturing, health and safety management system, radio frequency identification.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-6-56-61

Rustam Nurgaliev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Automation Systems and Process Control. E-mail: nurgaliev@gmail.com

Elena Klimanova, Senior Lecturer, Department of Automated Information Collection and Processing Systems. E-mail: klimanovs178@gmail.com

Olga Zelenko, Senior Lecturer, Department of Automated Systems for Collection and Processing of Information. E-mail: o.v.zelenko@gmail.com