



СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

УДК 656:681.518.5

DOI: 10.31799/2077-5687-2024-3-3-9

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ IOT-МОНИТОРИНГА ПЕРСОНАЛА И ТЕХНИКИ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ

П. Е. Васильев, А. В. Аграновский

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье рассмотрены вопросы автоматизации решения сложных логистических задач по размещению на масштабном строительном объекте персонала и техники, организации движения автотранспорта и доставки грузов, а также обеспечению непрерывного контроля за персоналом и техникой. Проанализирован комплекс мер в области организации работы персонала и техники, охраны труда, обеспечения безопасности строительного объекта и техники. Сформулированы основные бизнес-требования, а также функциональные и нефункциональные требования к автоматизированной информационной системе мониторинга, которую целесообразно реализовывать с использованием технологий IoT. Представлены также общие рекомендации по практической реализации подобной системы.

Ключевые слова: IoT, мониторинг, строительный объект, персонал, информационная система, функциональные требования, нефункциональные требования, трекер, LoRa WAN, GSM, базовая станция.

Для цитирования:

Васильев, П. Е. Формирование требований к информационной системе IoT-мониторинга персонала и техники на строительных объектах / П. Е. Васильев, А. В. Аграновский // Системный анализ и логистика. – 2024. – № 3(41). – с. 3 – 9. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-3-3-9.

REQUIREMENTS FORMATION FOR THE IOT-MONITORING INFORMATION SYSTEM OF PERSONNEL AND EQUIPMENT AT CONSTRUCTION OBJECTS

P. E. Vasilev, A. V. Agranovskii

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The article discusses the issues of automating the solution of complex logistics problems of placing personnel and equipment at a large construction object, organizing the movement of vehicles and delivering goods, and ensuring continuous monitoring of personnel and equipment. A set of measures in the field of organizing the work of personnel and equipment, labor protection, and ensuring the safety of the construction object and equipment was analyzed. The basic business requirements, functional and non-functional requirements for an automated information monitoring system, which is advisable to be implemented using IoT technologies, have been formed. General recommendations for the practical implementation of such a system are also presented.

Keywords: IoT, monitoring, construction object, personnel, information system, functional requirements, non-functional requirements, tracker, LoRa WAN, GSM, base station.

For citation:

Vasilev, P. E. Requirements formation for the IoT-monitoring information system of personnel and equipment at construction objects / P. E. Vasilev, A. V. Agranovskii // System analysis and logistics. – 2024. – № 3(41). – p. 3 – 9. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-3-3-9.

Введение

Строительство современных масштабных объектов связано не только с выполнением предусмотренных проектом технологических операций, но и с решением сложных логистических задач по размещению на строительной площадке персонала и техники, организации движения автотранспорта и доставки грузов. Также возникает проблема непрерывного контроля за персоналом и техникой.

Эффективное решение указанных задач может быть обеспечено с использованием современных автоматизированных систем непрерывного мониторинга.

Применение технологии Интернета вещей (IoT) в мониторинге открывает широкие возможности для повышения эффективности управления ресурсами. Сенсорные устройства



IoT обеспечивают постоянное и точное отслеживание активности сотрудников, местоположения оборудования и его технического состояния, а анализ полученных данных позволяет извлекать информацию для оценки текущей ситуации и принятия оперативных управленческих решений. Это позволяет предприятиям оптимизировать производственные процессы, уменьшать затраты и повышать производительность труда.

1. Актуальность проблемы мониторинга

При управлении строительством любых объектов возникает комплекс задач, которые можно объединить в следующие группы:

- мобилизация (организация работы) персонала и техники;
- решение вопросов охраны труда;
- обеспечение безопасности строительного объекта и техники.

1.1. Мобилизация персонала и техники

Понятие мобилизации в строительной отрасли относится к ряду мероприятий, направленных на ускорение процесса с целью выполнения контракта в строго оговоренные сроки [1].

Любой строительный процесс начинается с этапа планирования, в ходе которого разрабатывается и утверждается план по мобилизации персонала и техники для всех последующих этапов строительства, который должен в дальнейшем соблюдаться.

Для мобилизации в строительстве применяются следующие методы [2]:

- использование инновационного оборудования и технологий с целью повышения производительности труда;
- привлечение большего количества исполнителей, включая сотрудников субподрядных организаций;
- контроль производственных процессов;
- сокращение сроков принятия управленческих решений.

1.2. Охрана труда

Строительную отрасль можно классифицировать как отрасль с высоким уровнем риска.

В сравнении с иными производственными позициями самый высокий уровень травматизма после обрабатывающего производства (23%) наблюдается на строительной площадке (16.3 %) [3]. Это связано с большими площадями проведения работ, количеством задействованного персонала и техники и отсутствием возможности непрерывного контроля посредством «традиционных» методов.

Несчастные случаи происходят, в основном, по следующим причинам [3]:

- нарушение правил выполнения работ (28%);
- нарушение правил дорожного движения (11%);
- нарушение правил внутреннего трудового распорядка и несоблюдение трудовой дисциплины (проникновение и нахождение в зонах повышенной опасности и в зонах выполнения работ других видов) (10%);
- нарушение технологического процесса (5%).

Для обеспечения охраны труда необходимо обеспечить решение ряда задач:

- разграничение строительной площадки на зоны доступа по видам выполняемых работ;
- контроль за зонами повышенной опасности;
- контроль за местоположением персонала и техники;
- контроль за исполнением требований транспортной безопасности.



1.3. Экономическая и юридическая безопасность

Вопросы безопасности охватывают как физическую безопасность объекта и техники, так и предотвращение экономических проблем и юридических последствий неправильных технических и организационных решений или нарушения сроков строительства.

Экономические проблемы строительства можно сгруппировать следующим образом:

- сырьевые и технические потери;
- экономические и юридические последствия нарушения правил охраны труда;
- нарушение плана-графика проведения работ.

С точки зрения организации труда сырьевые потери происходят при несанкционированной убыли ресурсной базы, а также вследствие эксплуатации техники с нарушением установленных норм и правил, а также с нарушением план-графика.

К основным сырьевым и техническим потерям можно отнести:

- перерасход или кражу топлива;
- потери строительных материалов;
- утрату или неисправность инструмента;
- поломку техники;
- простой техники.

Нарушение план-графика работ происходит из-за совокупности проблем, связанных с отсутствием постоянного контроля за персоналом и техникой, и может приводить к крупным финансовым и юридическим издержкам, возлагаемым на застройщика.

Очевидно, что с учетом масштабов современного строительства поддержку комплекса организационных мер по управлению строительством целесообразно возложить на автоматизированную информационную систему.

2. Требования

Автоматизированная система мониторинга персонала и техники предназначена для применения на объектах строительства, использующих специализированный персонал и технику, в том числе в зоне производства работ повышенной опасности, для обеспечения заинтересованных лиц актуальной информацией, необходимой для контроля за проведением работ и оперативного управления.

Согласно BABOK Guide (Руководство к своду знаний по бизнес-анализу) различают следующие виды требований к подобным системам [4]:

- бизнес-требования (часто объединяемые с требованиями стейкхолдеров – заинтересованных лиц);
- требования к решению, которые подразделяются на функциональные и нефункциональные.

Сформулируем указанные требования, исходя из описанного выше комплекса задач по мобилизации, охране труда и обеспечению безопасности.

2.1. Бизнес-требования

Бизнес-требования – это набор качеств и свойств, которыми должен обладать продукт, чтобы быть ценным для заказчика и пользователя.

Очевидно, что к основным бизнес-требованиям, предъявляемым к процессу строительства, следует отнести:

- выполнение плана мобилизации персонала и техники;
- соблюдение план-графика в ходе строительства;
- уменьшение количества несчастных случаев;
- снижение потерь и незапланированных затрат;



2.2. Функциональные требования

Функциональные требования формируются, исходя из бизнес-требований и актуальных проблем автоматизируемых процессов. Информационная система должна обеспечить выполнение следующих функций:

- мониторинг персонала и техники в реальном масштабе времени;
- обработку данных мониторинга с целью получения аналитической информации;
- контроль доступа персонала и техники на объект.

В части мониторинга система должна предоставлять следующие возможности:

- ведение неограниченного числа объектов - единиц техники и персонала;
- создание и ведение геозон на территории строительного объекта с разграничением доступа персонала и техники;
- контроль фактического местоположения персонала и техники;
- контроль и предупреждение об опасных ситуациях;
- контроль автомобильной техники за пределами строительной площадки;
- оповещения о фактах нарушений при расположении и перемещениях;
- оповещение о несанкционированном доступе в геозону;
- данные об уровне топлива, скоростном режиме, оборотах двигателя, температуре, уровне наклона, давлении масла и иных параметрах, фиксируемых датчиками технического средства;
- быстрый доступ к информации о сотруднике/транспортном средстве;
- просмотр истории перемещений персонала и техники.

В части анализа данных мониторинга система должна обеспечивать получение следующей информации:

- анализ производительности техники и вывод коэффициента полезного действия на графике как в целом, так и в разрезе организаций, участвующих в работах на объекте;
- отчет по количеству техники;
- количество отработанного времени единицей техники;
- количество часов работы под нагрузкой;
- учет часов холостого хода;
- количество часов простоя;
- учёт израсходованного топлива за выбранный период;
- пройденное расстояние за выбранный период;
- визуализация мест фактического положения техники и персонала на объекте;
- просмотр истории передвижения техники и персонала по произвольно выбранной области на карте.

В части организации и контроля доступа система должна предоставить следующие возможности:

- ведение списка персонала и техники, допущенных на проведение работы на объекте;
- управление пропусками для персонала и техники;
- фиксация входа/выхода на объект.

1.3. Нефункциональные требования

Нефункциональные требования определяют характеристики системы, которые не связаны с ее основной функциональностью.

В данном случае нефункциональные требования формируются, исходя из того, что автоматизированная система мониторинга должна обладать высоким уровнем надежности и информационной безопасности, и одновременно фиксировать данные от многочисленных источников, количество которых на строительном объекте может изменяться как в плановом



порядке в ходе строительства, так и в любой момент времени.

При этом использование системы по назначению должно быть интуитивно понятным и не требовать от персонала специальных знаний и навыков.

Состав системы (как программная, так и аппаратная части), работающей на территории Российской Федерации, должен удовлетворять требованиям импортозамещения [5].

В качестве нефункциональных требований можно выделить:

Производительность

- система должна обрабатывать не менее 1000 транзакций в секунду;
- время отклика системы должно быть менее 1 секунды для 95% транзакций;
- система должна поддерживать не менее 100 000 одновременных пользователей.

Надежность

- система должна быть доступна 99,9% времени;
- система должна выдерживать отказ любого одного компонента без потери данных или функциональности;
- система должна иметь механизмы восстановления после сбоев, которые позволяют быстро восстановить работу системы в случае сбоя.

Масштабируемость

- система должна быть масштабируемой для поддержки роста объема транзакций и количества пользователей;
- система должна иметь возможность горизонтального масштабирования для добавления дополнительных ресурсов по мере необходимости;
- система должна иметь возможность вертикального масштабирования для увеличения мощности существующих ресурсов.

Безопасность использования

- система должна защищать данные пользователей от несанкционированного доступа, использования, раскрытия, изменения или уничтожения;
- система должна соответствовать всем применимым законам и нормам о защите данных;
- система должна иметь механизмы аудита и отчетности для отслеживания и расследования нарушений безопасности.

Удобство использования

- система должна быть простой в использовании для всех типов пользователей, включая неопытных пользователей;
- система должна иметь интуитивно понятный пользовательский интерфейс;
- система должна предоставлять исчерпывающую документацию и справочные материалы.

Поддерживаемость

- система должна быть легко поддерживаемой и обновляемой;
- система должна иметь хорошо документированный код и архитектуру;
- система должна иметь инструменты и процессы для автоматизации задач обслуживания.

Соответствие

- система должна соответствовать всем действующим законам, нормам и стандартам;
- система должна иметь сертификаты или аккредитации, подтверждающие ее соответствие;
- система должна регулярно проверяться на соответствие требованиям.



2. Реализация требований

Анализ изложенных выше требований показывает, что наиболее полно они могут быть удовлетворены в информационной системе, использующей технологии IoT. В состав такой системы должны входить сенсоры (трекеры для контроля персонала и техники), базовые станции различного типа, сервер баз данных, а также автоматизированные рабочие места.

Структура системы представлена на рисунке 1.

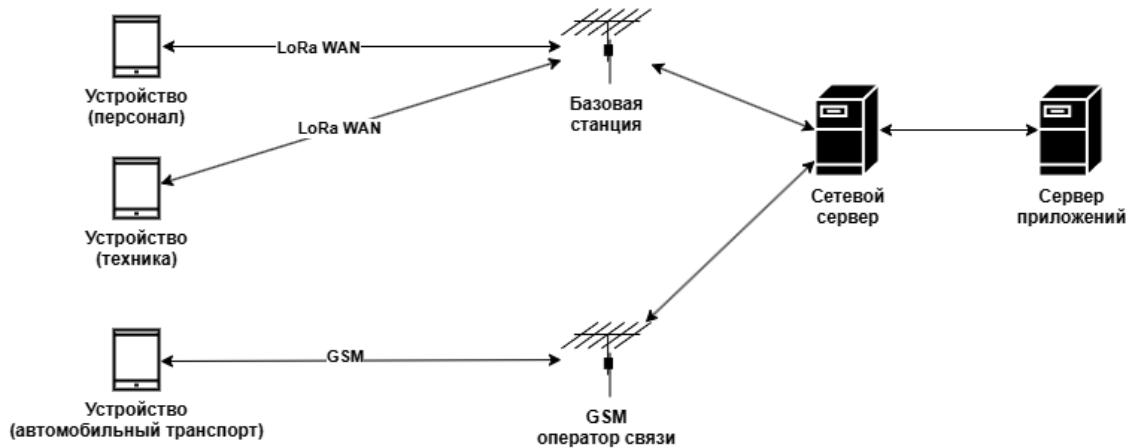


Рис. 1. Структура системы IoT-мониторинга

Для мониторинга персонала и техники, находящихся в пределах строительной площадки обычно используются трекеры и базовые станции, работающие по технологии LoRaWAN. Данная технология позволяет обслуживать до 5000 сенсоров на каждый квадратный километр, а используемая в ней топология «звезда» обеспечивает легкое масштабирование сети. Кроме того, данная технология обладает высокой дальностью действия, позволяющей использовать ее на строительных объектах большой площади. Трекеры персонала и техники должны передавать данные, соответствующие функциональным требованиям к системе. При строительстве многоэтажных конструкций в рамках объекта персональные трекеры должны также передавать актуальную информацию о позиционировании по высоте.

Автомобильный транспорт может использоваться как внутри строительной площадки, так и за ее пределами, например, для доставки строительных материалов с удаленных объектов. Поэтому для мониторинга такого транспорта необходимо использование GPS-трекеров, работающих в мобильных сетях GSM. Такие трекеры должны обеспечивать передачу данных о местоположении, а также параметров, фиксируемых датчиками транспортного средства.

Автоматизированные рабочие места должны обеспечивать интуитивно понятное визуальное представление текущей ситуации на строительной площадке и перечисленной в функциональных требованиях аналитической информации.

Необходимо также специальное программное обеспечение для реализации обмена данными между элементами системы IoT-мониторинга.

Вопросам выбора аппаратных и программных средств для практической реализации системы, удовлетворяющей рассмотренным выше требованиям, посвящена работа [6]

Заключение

Масштабы современного строительства требуют решения широкого спектра управленческих задач, обеспечивающих мобилизацию персонала и техники на строительной площадке, соблюдение требований охраны труда, безопасность строительного объекта и техники. Анализ комплекса организационных мер по управлению строительством и бизнес-требований к процессу строительства позволил сформировать функциональные и



нефункциональные требования к автоматизированной информационной системе мониторинга, которую целесообразно реализовывать с использованием технологий IoT.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лихобабин, В. К. Особенности современного развития инвестиционного строительного комплекса / В. К. Лихобабин, М. Н. Емельянова., А. И. Самойличенко, Е. В. Солякова, К. В. Терносков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал. – 2022. – № 2 (40). – С. 78–83.
2. КС ИНВЕСТРОЙ: Мобилизация в строительстве – это ускорение процессов [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.csinvestroy.ru/stroyka/mobilizatsiya-v-stroitelstve-eto-uskorenie-protssesov.html> (дата обращения 22.05.2024).
3. Ткаченко, П. Статистика производственного травматизма в России в 2022 году [Электронный ресурс] // Онлайн-журнал Attek. 2023. 26 мая. – URL: <https://www.centrattek.ru/info/travmatizm-2022/> (дата обращения 22.05.2024).
4. ВАВОК Guide [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iiba.org/career-resources/a-business-analysis-professionals-foundation-for-success/babok/> (дата обращения 22.05.2024)].
5. Аграновский, А. В. Особенности импортозамещения технологий интернета вещей в логистике // Четвертая Междунар. науч. конф. «Аэрокосмическое приборостроение и эксплуатационные технологии» / ГУАП – СПб., 2023. – Ч. 1. – С. 97-101.
6. Аграновский А. В., Васильев П. Е. Применение технологий IoT для мониторинга персонала и техники на строительных объектах/ Четвертая Междунар. науч. конф. «Обработка, передача и защита информации в компьютерных системах '24» / ГУАП – СПб., 2024. – С.105-109.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Васильев Павел Евгеньевич

магистрант

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: pav86932@gmail.com

Аграновский Андрей Владимирович

доцент, канд. техн. наук

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: a_agranovskii@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vasilev Pavel Evgenevich

Undergraduate Student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: pav86932@gmail.com

Agranovskii Andrei Vladimirovich

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: a_agranovskii@mail.ru