

УДК 004.422.837

***РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И
МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ***

Колганов С. М.

Студент,

Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского,

Калуга, Россия

Сорочан В.В.

*Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики и
информационных технологий,*

Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского,

Калуга, Россия

Раевский В.А.

*Кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и
информационных технологий,*

Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского,

Калуга, Россия

Ткаченко А.Л.

*Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики и
информационных технологий,*

Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского,

Калуга, Россия

Аннотация. В статье представлен анализ программных средств для диспетчеризации производственных процессов. Рассмотрены их основные характеристики и требования, предъявляемые к таким системам. Приводится

описание процесса разработки системы диспетчеризации для производственного предприятия. Приведены схема и описание базы данных разработанной для создания системы диспетчеризации.

Ключевые слова: SCADA, АСУТП, базы данных, разработка информационных систем, архитектура баз данных.

DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR DISPATCHING AND MONITORING THE ENTERPRISE'S STATE

Kolganov S. M.

Student,

Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovsky,

Kaluga, Russia

Sorochan V.V.

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the
Department of Computer Science and Information Technology,*

Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovsky,

Kaluga, Russia

Raevsky V.A.

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer
Science and Information Technology,*

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky,

Kaluga, Russia

Tkachenko A.L.

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the
Department of Computer Science and Information Technology,*

Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovsky,

Kaluga, Russia

Abstract. The article presents an analysis of software for dispatching production processes. Their main characteristics and requirements for such systems are considered. A description of the process of developing a dispatching system for a manufacturing enterprise is given. A diagram and description of the database developed for creating a dispatching system are given.

Key words: SCADA, automated process control systems, databases, information systems development, database architecture.

Автоматизация диспетчерских процессов позволяет создать единую систему контроля над всеми производственными объектами компании. Благодаря новейшим информационным решениям налажено оперативное взаимодействие между всеми диспетчерскими подразделениями. Система позволяет не только следить за исполнением распоряжений диспетчеров, но и формировать детальные отчеты о состоянии производства. Мгновенное информирование профильных отделов и автоматическая генерация производственной аналитики существенно повышают эффективность управления предприятием [1].

Программно-аппаратные комплексы SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) выступают ключевым инструментом контроля производственных операций. Эти высокотехнологичные решения играют важнейшую роль в промышленности и инфраструктурных объектах, где требуется непрерывное наблюдение за процессами. В основе их работы лежит способность осуществлять мониторинг, визуализировать информацию и координировать работу оборудования в реальном масштабе времени. Такие системы объединяют специализированное программное обеспечение и технические средства, формируя единую платформу для оперативного управления технологическими процессами и сбора производственных данных.

Современные автоматизированные комплексы управления, базирующиеся на принципах диспетчеризации, широко применяются в различных секторах экономики - от транспортной инфраструктуры до энергетического комплекса. SCADA-технологии обеспечивают комплексное решение задач по управлению и мониторингу, включая передачу управляющих команд и визуализацию контролируемых параметров.

Ключевые возможности таких систем включают:

1. Мониторинг и обработку сигналов, поступающих с различных измерительных устройств.
2. Своевременное оповещение персонала при возникновении нештатных ситуаций через системы аварийной сигнализации.
3. Формирование аналитических материалов и документации на основе собранных данных.
4. Контроль текущих производственных процессов в режиме реального времени.
5. Возможность оперативной корректировки параметров работы оборудования и производственных установок.

В структуре автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) выделяют три слоя: верхний, средний и нижний.

1. Верхний уровень.

Этот слой включает в себя промышленный сервер, сетевое оборудование, а также рабочие станции операторов и диспетчеров. Основная задача верхнего уровня — это надзор за процессами производства: он обеспечивает взаимодействие с нижними уровнями, где происходит сбор информации, а также предоставляет визуализацию и управление (мониторинг) технологическими операциями.

На данном этапе управления задействован оператор, выполняющий функции диспетчера. Он осуществляет контроль за оборудованием через интерфейс взаимодействия человека с машиной (HMI). К этому интерфейсу Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

относятся экраны, графические панели, установленные на пультах управления и в автоматизированных шкафах.

Для мониторинга и управления распределенной системой оборудования используется SCADA-система, представляющая собой программное средство, которое конфигурируется и устанавливается на компьютерах диспетчеров. Она занимается сбором, хранением, отображением ключевых данных с программируемых логических контроллеров (ПЛК). При обнаружении отклонений в параметрах системы от установленных значений, система автоматически сообщает оператору через тревожные сигналы, позволяя ему принять адекватные меры.

2. Средний уровень.

Этот уровень называется уровнем управления оборудованием, или контролем. Он представляет собой слой контроллеров, включая ПЛК. Основная функция ПЛК заключается в сборе данных с контрольно-измерительного оборудования и датчиков, которые отслеживают текущее состояние технологического процесса. После этого ПЛК выдает команды управления исполнительным механизмам в соответствии с предварительно запрограммированным алгоритмом, таким образом обеспечивая эффективное управление процессом.

3. Нижний уровень.

Уровень ввода/вывода. На этом уровне находятся датчики, измеряющие устройства, которые отслеживают ключевые параметры процесса, а также устройства управления, влияющие на эти параметры для их корректировки согласно установленным требованиям. Здесь происходит синхронизация информации от датчиков с системой управления и передача управляющих команд на исполнительные устройства.

Системы управления на основе SCADA дают возможность создавать автоматизированные системы управления в клиент-серверной или распределенной структуре, осуществляя следующие функции:

- сбор актуальных данных от ПЛК или других устройств связи с объектом (УСО), которые могут быть напрямую подключены к пульту оператора или через сеть, используя стандартные протоколы, такие как DDE, OPC и прочие,
- хранение и последующую обработку полученной информации,
- представление данных в виде мнемосхем, анимаций, таблиц, диаграмм, индикации сигналов тревоги и других визуальных элементов, необходимых для мониторинга и анализа состояния системы,
- регистрацию и отображение аварийных и штатных событий,
- обеспечение дистанционного контроля через трансляцию команд от операторского интерфейса к системным компонентам (контроллерам),
- обеспечение безопасности, включающая контроль доступа, ограничения по правам и идентификацию пользователей в процессе эксплуатации,
- логирование всех ошибок системы управления — как аппаратных сбоев, так и сетевых инцидентов для последующего анализа,
- реализацию пользовательских приложений и их синхронизацию с текущими измерениями и управленческими действиями,
- поддержку сетевых связей с серверами и другими рабочими станциями через различные сетевые архитектуры,
- взаимодействие с внешними приложениями, такими как системы управления базами данных (СУБД), электронные таблицы, текстовые редакторы и прочие.

К основным критериям, применяемым к SCADA-системам, относятся:

- надежность системы – как с технологической, так и с функциональной точки зрения,
- безопасность процессов управления – гарантированная защита от внешних угроз, сбоев и несанкционированного доступа,
- точность обработки и отображения данных – высокая степень достоверности информации, что важно для анализа и принятия решений,

- масштабируемость и удобство расширения – возможность адаптации системы к изменяющимся требованиям и добавления новых функций без значительных затрат.

Помимо основных критериев, к SCADA-системам могут предъявляться и дополнительные требования, которые зависят от специфики применения и задач системы:

- производительность системы – способность обрабатывать большие объемы данных в реальном времени без задержек,
- интегрируемость – возможность взаимодействия с другими системами, устройствами и протоколами (например IoT, MES, ERP),
- удобство интерфейса пользователя – интуитивно понятное управление и визуализация данных для операторов,
- гибкость настройки – возможность адаптации системы под конкретные технологические процессы и требования заказчика,
- отказоустойчивость – способность системы сохранять работоспособность при возникновении сбоев или аварийных ситуаций,
- поддержка удаленного доступа – возможность мониторинга и управления процессами из удаленных мест,
- энергоэффективность – минимизация потребления ресурсов при работе системы,
- соответствие стандартам и нормативным требованиям – соблюдение отраслевых стандартов (например IEC, ISO) и законодательных норм,
- долговечность и простота обслуживания – минимальные затраты на поддержку и обновление системы.

Применение SCADA-систем значительно улучшает производительность производства благодаря следующим факторам:

1. Автоматизации и оптимизации процессов:

- минимизация ручного труда и человеческих ошибок,
- оптимизация использования ресурсов (энергии, сырья, оборудования),

- снижение времени простоя за счет быстрого выявления и устранения неисправностей.
2. Мониторингу и контролю в реальном времени:
 - оперативное отслеживание параметров производства,
 - повышение точности данных и качества анализа,
 - улучшение координации между подразделениями благодаря централизованному управлению.
 3. Повышению безопасности и надежности:
 - контроль за критическими параметрами и предотвращение аварийных ситуаций,
 - обеспечение отказоустойчивости и стабильности работы системы.
 4. Гибкости и масштабируемости:
 - возможность адаптации системы к изменяющимся требованиям,
 - легкость расширения функциональных возможностей.
 5. Удобству анализа и удаленного управления:
 - автоматическое формирование отчетов и аналитических данных,
 - возможность мониторинга и управления процессами из любой точки.

Современные SCADA состоят из трех ключевых элементов [2]:

1. Remote Terminal Unit (RTU) – это устройства, установленные непосредственно на объектах, которые обеспечивают реальное время контроля и управления. К этой категории относятся датчики, устройства автоматизации, микропроцессоры и другие элементы, осуществляющие обработку информации и управление в реальном времени.
2. Master Terminal Unit (MTU) или Master Station – это центральный пункт управления, который занимается анализом данных и высокоуровневым управлением, а также служит интерфейсом между оператором и системой. Он реализуется в виде автоматизированного рабочего места оператора.

3. Communication System – это сеть связи, соединяющая RTU и MTU. Она необходима для обмена информацией между удаленными устройствами и центральным пунктом управления. В качестве среды связи могут использоваться как проводные, так и беспроводные каналы.

Графический интерфейс включает в себя экраны, на которых представлены мнемосхемы технологических процессов, графики и таблицы. Система безопасности обеспечивает защиту доступа к настройкам системы от несанкционированного использования.

Современные SCADA-решения обеспечивают дистанционный контроль производственных процессов через веб-интерфейс. Функционирование таких систем построено по следующему принципу: сервер обрабатывает всю информацию, в то время как клиентская часть, используя веб-технологии, лишь визуализирует полученные данные. При этом пользователь, подключившись к системе, получает на свой локальный компьютер необходимые проектные данные через специализированный программный модуль. Такая архитектура позволяет реализовать комплексный подход к автоматизации управления технологическими процессами, где SCADA выступает как базовый инструмент решения операционных задач.

Информация с датчиков и контроллеров технологического оборудования аккумулируется в единую систему мониторинга. Все поступающие данные подвергаются обработке и трансформации для последующего углубленного исследования. Визуализация технологической информации реализуется через графические интерфейсы, обеспечивающие наглядность и простоту восприятия.

Система включает механизм распределения операторских команд между различными уровнями управления и исполнительными устройствами. Вся информация сохраняется в специализированных базах данных для долговременного хранения. Ведется непрерывная регистрация всех действий персонала и событий в ходе контроля производственных процессов, включая работу обслуживающего персонала.

Система обеспечивает автоматическое выполнение производственных операций в соответствии с запрограммированными алгоритмами и осуществляет интеграцию с корпоративной системой управления через обмен информацией. При возникновении нештатных ситуаций в работе технологического оборудования или программно-технического комплекса АСУТП производится оповещение обслуживающего персонала с документированием их действий в аварийных случаях. На базе накопленных данных формируется различная документация, включая аналитические отчеты.

АСУТП разработана для эффективного мониторинга и оперативной настройки работы технологических устройств. В состав программного обеспечения АСУТП входит различные системы, обеспечивающие диспетчерское управление и сбор информации, известные как SCADA.

Системы SCADA занимаются автоматизацией управления и мониторинга технологических процессов. Они служат для сбора и анализа данных о качестве этих процессов. Использование технологий SCADA способствует повышению уровня автоматизации в процессе разработки систем управления, а также в сфере сбора, обработки, передачи, хранения и отображения информации. Применение передовых систем диспетчеризации электропривода, основанных на продвинутых SCADA-программах, способствует сокращению расходов на поддержание обслуживающего персонала автоматизированных систем управления технологическими процессами.

В рамках системы можно применять как проводные, так и беспроводные средства для обмена данными между компонентами. Следовательно, для гарантирования функционирования системы в режиме реального времени, включающей в себя процессы сбора, обработки, визуализации и сохранения данных о состоянии объекта контроля и управления, необходимо внедрить автоматизированную систему управления технологическими процессами, в частности, SCADA-систему. Прибор для сбора и обработки информации с

датчиков тока и напряжения будет выполнен в виде ПЛК. Данные от ПЛК на SCADA-сервер будут передаваться через Ethernet-технологию.

По Ethernet обычные сигналы идут в модуль ввода, а оттуда уже последовательно друг в друга. Внешний и внутренний блоки питания идут в блок коммутации, который позволяет переключаться между ними. От блока коммутаций питаются индикаторы и блок соединений. По USB в контроллер идут пакеты данных. В преобразователь аналоговые сигналы.

Создание интуитивно понятного и простого интерфейса - ключевая задача при разработке системы управления ресурсами предприятия [3]. Важно обеспечить максимальное удобство для пользователей через минималистичный дизайн и легкую навигацию. Figma стала основным инструментом для реализации UI/UX дизайна веб-приложения. Проектирование пользовательского интерфейса является завершающим этапом после разработки архитектуры и структуры базы данных в процессе создания системы диспетчеризации и мониторинга. При этом особое внимание уделяется различным аспектам взаимодействия пользователя с системой для достижения максимальной эффективности работы.

Современный дизайн интерфейса должен гармонично сочетать эстетику и функциональность, избегая визуальной перегрузки. При этом ключевое значение имеет тщательный подбор цветов, типографики и графических элементов.

В эпоху повсеместного использования смартфонов критически важна способность интерфейса динамически адаптироваться под различные форматы дисплеев – от настольных компьютеров до мобильных устройств.

Эффективный пользовательский интерфейс обязан предоставлять полный набор инструментов для комфортной работы. Пользователь должен иметь возможность без затруднений выполнять базовые операции, такие как создание новых элементов, их модификация и устранение. Интуитивно понятная навигация позволяет быстро находить и применять нужные функции системы.

Разработка пользовательского интерфейса требует комплексного подхода к защите информации. Первостепенное значение имеет внедрение надежных механизмов аутентификации и криптографических методов для предотвращения неавторизованного доступа к системе.

Для расширения аудитории приложения критически важна его интернационализация. Реализация многоязычной поддержки позволит сделать интерфейс доступным для иностранных пользователей, обеспечивая работу на их родных языках.

При создании информационной системы необходимо тщательно исследовать запросы целевой аудитории. Это позволит спроектировать функциональный и защищенный интерфейс, полностью отвечающий пользовательским потребностям.

Выбор языка программирования играет важную роль в разработке программного комплекса мониторинга корпоративных данных сотрудников предприятия.

В рамках данного проекта было принято решение использовать язык программирования JavaScript, а именно фреймворк ReactJS.

Современная веб-разработка на базе React предлагает впечатляющий арсенал инструментов. Formik и Yup значительно упрощают управление формами, в то время как Redux Toolkit, Emotion и Material-UI открывают широкие возможности для создания эффективных приложений. С помощью этих библиотек разработчики могут уверенно решать задачи маршрутизации, управления данными и визуального оформления.

Структура проекта выглядит так:

- Фронтенд: React, React DOM, React Router, Emotion, Material-UI.
- Управление состоянием: Redux Toolkit, SWR.
- Стилизация: Emotion, Material-UI, MUI System.
- Работа с API: Firebase, Formik, Yup.
- Визуализация данных: ApexCharts, React ApexCharts.

- Анимация: Framer Motion.
- Утилиты: Lodash, Chance, React Copy to Clipboard.
- Сборка и разработка: Vite, SVGR Webpack.
- Шрифты: Fontsource (Inter, Poppins, Public Sans, Roboto).
- Тестирование и мониторинг: Web Vitals.

В процессе разработки веб-приложения была разработана база данных, которая визуально представлена на рисунке 1. Структура информационного хранилища, функционирующего под управлением PostgreSQL, включает множество взаимосвязанных таблиц.

Эти таблицы предназначены для хранения различных категорий данных - от пользовательской информации и параметров конфигурации до сведений об оборудовании и системных событиях.

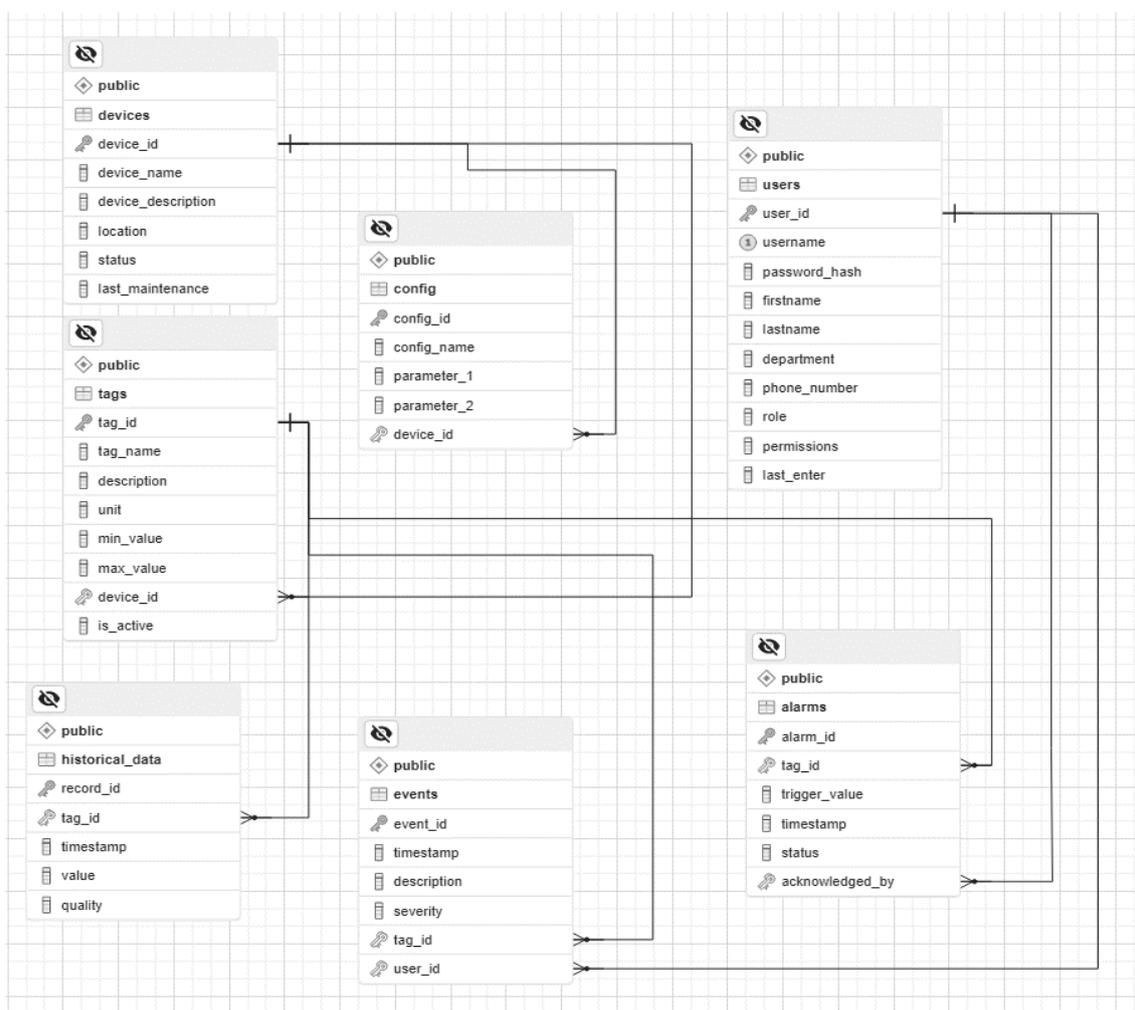


Рис. 1 – База данных веб-приложения

События и аварийные ситуации регистрируются в специальной таблице Events, которая отслеживает действия персонала и различные системные оповещения. Для отслеживания динамики показателей и построения графиков используется структура Historical_Data. В ней каждому значению присваивается метка времени, уникальный номер записи и индикатор качества данных. Все параметры в Historical_Data связаны с конкретными тегами через идентификатор Tag_ID, что позволяет организовать хронологическое хранение всех измерений. Благодаря такой архитектуре становится возможным детальный ретроспективный анализ работы системы.

Система отслеживания изменений построена на присвоении уникальных номеров всем манипуляциям, неполадкам и показаниям датчиков. Мониторинг работы оборудования осуществляется путем привязки каждого действия к конкретному устройству через персональный идентификатор. В структуре данных все операции характеризуются набором параметров: хронологической отметкой, детальным описанием, степенью критичности и тегом. При вмешательстве оператора добавляется также User_ID – персональный код пользователя. Event_ID служит неповторимым идентификатором для каждой зафиксированной операции в системе.

Для эффективного управления оборудованием разработана система параметризации, где центральным элементом выступает структура Config. В ней каждому набору настроек присваивается уникальный Config_ID и описательное имя Config_Name. Настройки включают два ключевых параметра и привязку к конкретному устройству через Device_ID.

Архитектура базы данных построена на принципе взаимосвязанных компонентов. Показательным примером служит интеграция тегов с устройствами – таблица Tags содержит указатель Device_ID, что создает логическую связь с таблицей Devices. Такой подход к организации данных не только гарантирует их целостность, но и обеспечивает возможность гибкой настройки оборудования под различные производственные сценарии.

Мониторинг состояния оборудования осуществляется в режиме реального времени с тридцатисекундным интервалом по умолчанию. При обнаружении неполадок или разрыве коммуникации система автоматически документирует эти инциденты в журнале Events.

Современное промышленное производство требует надежных инструментов управления, и именно такой инструмент представляет собой наша комплексная база данных.

Особую ценность представляет встроенная система мониторинга, реализованная через таблицу Events, куда записываются все значимые события. Благодаря этому механизму администраторы могут не только оперативно выявлять и устранять неполадки, но и анализировать хронологию работы системы. Такой подход к организации данных обеспечивает широкие возможности для масштабирования и адаптации системы под меняющиеся требования производства, гарантируя при этом стабильность и эффективность всех процессов.

Библиографический список:

1. Сидоркин, А. Е. Исследование возможности автоматизации управленческого и производственного учёта в условиях импортозамещения / А. Е. Сидоркин, В. В. Сорочан, В. А. Раевский // Вестник Калужского университета. – 2024. – № 1(62). – С. 36-38.
2. Григорьев, И. Н. SCADA-системы: от проектирования до внедрения / И. Н. Григорьев. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 256 с.
3. Иванов, А. В. SCADA-системы: основы проектирования и применения / А. В. Иванов. – М.: Энергоатомиздат, 2018. – 320 с.

Оригинальность 79%