

УДК 621.398  
ВАК 05.20.03

DOI: 10.52463/22274227\_2021\_38\_57

А.Н. Мекшун<sup>1</sup>, Ю.Н. Мекшун<sup>2</sup>, А.Ю. Мекшун<sup>2</sup>ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ  
В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ<sup>1</sup>ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ  
СИСТЕМЫ НЕТХАММЕР», КУРГАН, РОССИЯ<sup>2</sup>ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУРГАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ Т.С. МАЛЬЦЕВА», КУРГАН, РОССИЯA.N. Mekshun<sup>1</sup>, Y.N. Mekshun<sup>2</sup>, A.Y. Mekshun<sup>2</sup>

TECHNOLOGIES FOR MONITORING MACHINERY AND EQUIPMENT IN INDUSTRIAL PRODUCTION

<sup>1</sup>LIMITED LIABILITY COMPANY «INTELLIGENCE SYSTEM NETHAMMER», KURGAN, RUSSIA<sup>2</sup>FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION «KURGAN STATE  
AGRICULTURAL ACADEMY NAMED AFTER T.S. MALTSEV», KURGAN, RUSSIA**Александр Николаевич Мекшун**  
Alexandr Nikolaevich Mekshun  
AuthorID 652967  
alexmekshun@gmail.com**Юрий Николаевич Мекшун**  
Yuriy Nikolaevich Mekshun  
кандидат технических наук, доцент  
AuthorID 381579  
mekshun.63@mail.ru**Андрей Юрьевич Мекшун**  
Andrey Yurievich Mekshun  
AuthorID 381579  
mekshun.63@mail.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрены основные требования предприятий промышленного сектора экономики к системам мониторинга работы технологического промышленного оборудования. **Цель исследования** заключается в разработке методов реализации функциональных систем мониторинга работы производственного оборудования. Представлен ряд задач, которые необходимо решить для эффективной реализации систем мониторинга в виде программно-аппаратных комплексов, интегрируемых в процессы производства. **Методика.** Предложен авторский подход к решению поставленных задач в рамках инновационного проекта по разработке соответствующего программно-аппаратного комплекса для мониторинга работы производственного оборудования предприятий. На основе предложенного подхода реализуется инновационный проект по созданию универсальной платформы онлайн-мониторинга работы производственного оборудования. Особенностью данной работы является ее ориентированность на получение практических результатов в сфере систем дистанционного мониторинга и промышленного интернета. В дальнейшем на основе полученного материала планируется создать гибкую программную платформу, которая позволит полноценно интегрироваться в различную бизнес-логику предприятий вне зависимости от типа, отрасли, сферы деятельности, размера и характера имеющегося производственного оборудования. В соответствии с целью были поставлены задачи: разработать базы данных для модулей; разработать серверные приложения модулей, исполняемых в операционных системах; разработать драйверы в составе подсистемы модуля сбора данных, для подключения промышленного оборудования в систему мониторинга для различных типов оборудования. Объектом НИОКР является сфера разработки промышленного программного обеспечения, предметом НИОКР является разработка прототипа платформы для онлайн-мониторинга промышленного оборудования. **Результаты.** В результате выполнения поставленных задач разработаны два программных модуля, каждый состоит из базы данных, исполняемого серверного приложения и обеспечивает выполнение своих функций в определенных техническим заданием аппаратных устройствах, а также разработаны драйверы для промышленного оборудования, работающего по протоколам modbus, и устройств с числовым программным управлением марок Fanuc, Балтсистем, HAAS. Экспериментальная разработка подтвердила высказанные предположения авторов о возможной производительности и технических характеристиках систем мониторинга работы оборудования в промышленном производстве. **Новизна разработки** заключается в модульной реализации архитектуры разрабатываемой системы. Модуль сбора данных получает аналоговые, дискретные, цифровые данные и текстовые строки, аналитический модуль на основе полученных данных строит графики, выводит табличные значения и настраиваемые выгрузки.

**Ключевые слова:** мониторинг оборудования, IoT, интернет вещей, бережливое производство, эффективность производства, предиктивная аналитика, экономико-математическое моделирование.

**Abstract.** The paper considers the main requirements of enterprises in the industrial sector of the economy to the systems for monitoring the operation of the technological industrial equipment. **The purpose** of the study is to develop methods of functional system implementation for monitoring the operation of production equipment. The range of tasks that need to be solved for effective implementation of monitoring systems in the form of software and hardware complexes integrated into production processes is presented. **Methodology.** The author's approach to the solving the tasks set in the framework of the innovative project to develop an appropriate software and hardware complex for monitoring the operation of production equipment of enterprises is proposed. Based on the proposed approach, an innovative project is being implemented to create a universal online platform for monitoring the operation of production equipment. A special feature of this work is its focus on obtaining practical results in the field of remote monitoring systems and industrial Internet. In the future, based on the obtained material, it is planned to create a flexible software platform that will fully integrate into various business logic of enterprises, regardless of the type, industry, sphere of activity, size and nature of the existing production equipment. In accordance with the goal, the following tasks were set: develop databases for modules; develop server applications for modules executed in operating systems; develop drivers as part of the subsystem of the data acquisition module for connecting industrial equipment to the monitoring system for various types of equipment. The object of the research and development effort is the development of industrial software, the subject of research and development effort is the development of a prototype platform for online monitoring of industrial equipment. **Results.** As a result of the tasks set, two software modules were developed, each consisting of a database, an executable server application and providing its functions in hardware devices defined by the technical task, as well as dry-versions for industrial equipment operating under modbus protocols and devices with numerical control of Fanuc, Baltsystem, and HAAS brands. The experimental development confirmed the authors' assumptions about the possible performance and technical characteristics of equipment monitoring systems in industrial production. **The novelty of the development** lies in the modular implementation of the architecture of the system being developed. The data acquisition module receives analog, discrete, digital data and text strings, the analytical module builds graphs based on the received data, outputs tabular values and configurable loads.

**Keywords:** equipment monitoring, IoT, Internet of things, lean manufacturing, production efficiency, predictive Analytics, economic and mathematical modeling.

**Введение.** Изучаемые технологии контроля работы технологического оборудования относятся к системам IoT-мониторинга состояния оборудования и эффективности его загрузки в производстве.

Предметная область: системы автоматизации и диагностики на промышленных предприятиях обрабатывающего типа, предназначенные для автоматического сбора, интерпретации, передачи первичных данных с производственных участков и отдельных единиц, накопление и систематизацию аналитических данных, построение прогнозных моделей и вычисление оптимумов для решения задач оптимизации производства. Технический результат внедрения таких систем заключается в повышении эффективности использования оборудования и построения экономических оптимизационных моделей на производственных участках, цехах, предприятиях.

На сегодняшний день проводится значительное количество исследований и практических опытно-конструкторских работ, связанных с эффективностью работы электрического производственного оборудования [1, 2, 3]. Однако эффективность использования работы может быть повышена не за счет инновационности его самого, а за счет прогрессивных мероприятий по организации и контролю труда.

Системы мониторинга решают задачу мониторинга работы и производительности основного и вспомогательного оборудования во взаимосвязи с группами внешних и внутренних данных: другого оборудования, наличия сырья и материалов, размещения заказов в производство и любых других данных с интегрированными информационных систем предприятий [4]. Позволяют анализировать работу и состояние любого технологического оборудования, в котором процесс производства осуществляется с помощью электрических, гидравлических, пневматических исполнительных механизмов, а также (опционально) оснащенного электронными системами управления, строить аналитические отчеты, прогнозы и оптимизационные модели для повышения эффективности производства. В 2020 году прогнозируется более 40 млрд. долл. США инвестиций в промышленные дискретные производства и технологии интернета вещей [5]. Глобальный рынок всего интернета вещей в 2020 году составил 457 млрд. долл. США [6].

Такие системы предназначены для предприятий обрабатывающего производства, преимущественно дискретного типа. В разрезе видов деятельности – это «Раздел С. Обрабатываю-

щие производства». Всего в России в 2018 г. зарегистрировано 289 тыс. активных предприятий из раздела «Обрабатывающие производства» [7]. В рамках проекта по разработке системы мониторинга работы оборудования были проведены опросы потенциальных потребителей, промышленных предприятий.

Опрошено 20 руководителей промышленных предприятий в Курганской и Челябинской областях. В результате опроса установлено: 13 руководителей знакомы с такими системами, 1 предприятие имеет внедренную частично систему мониторинга; 10 – заинтересованы во внедрениях, ведутся переговоры; на двух предприятиях ведутся пилотные проекты внедрения подобных систем.

Сгруппированы основные потребности у заинтересованных предприятий: контроль соблюдения технологии; автоматическое нормирование затрат; балансировка производственных линий; оперативные уведомления, направленные соответствующему уровню руководства; контроль удаленных от центрального офиса производств и персонала.

В настоящее время рынок программного обеспечения для производственных предприятий представлен широким списком различных программ: для управления бизнес-процессами; для мониторинга работы и состояния оборудования и производства; для управления производственными процессами.

С точки зрения аппаратной техники – на рынке существуют, активно реализуются и внедряются различные датчики и контроллеры для построения систем IoT-мониторинга, но возникают сложности с внедрением полученных аппаратных результатов мониторинга в бизнес-процессы. По оценке авторов, уровень внедрения систем IoT-мониторинга производства и оборудования составляет менее 1% от численности предприятий, и текущие внедрения приходятся на наиболее крупные предприятия – лидеры в своих отраслях, для которых удельная стоимость таких внедрений не является критической.

Для малых и средних предприятий построение собственных систем мониторинга производства ограничено из-за высокой стоимости внедрений и недостаточного уровня потенциальной интеграции в управление производственной логистикой предприятий, осуществляемой с помощью различного программного обеспечения, либо без него высшим руководством, недостаточного уровня интеграции в системы планирования производства.

Технически требуется разработать гибкий и легко настраиваемый под потребности конкретно взятого предприятия программный продукт, который позволит связать с собой оборудование предприятий и системы управления производственной системой, осуществлять быстрое развертывание полноценной системы IoT-мониторинга. Для этого требуется разработку программного кода платформы вести с учетом многообразия существующих производственных систем, оборудования, программного обеспечения и типовой логики производственных бизнес-процессов.

**Методика.** Для решения задач промышленных предприятий реального сектора предлагается следующая отличная от существующих на рынке конфигурация системы:

1. Предлагаются, в сравнении с имеющимися на рынке программными продуктами, функции сбора и преобразования аналоговых, дискретных и цифровых данных, которые отделены от функции аналитики и построения моделей оптимизации в двух независимых в программных продуктах, взаимодействие между которыми осуществляется путем прямых запросов между программными продуктами.

Это позволяет, с одной стороны, обеспечить абсолютную закрытость и безопасность программного обеспечения, в т. ч. тех программ, которые прямо взаимодействуют с контроллерами, датчиками и оборудованием, с другой стороны, независимо развивать, совершенствовать составляющие программно-аппаратного комплекса.

2. Предусмотрено построение аналитических моделей и прогнозирование основных показателей производства, взятых за основу аналитики. В основе технической возможности реализации построения большого разнообразия аналитических моделей и показателей лежит разработка программного продукта, ориентированная на аспектное взаимодействие между объектами, в которых аспект – это конечная, изменчивая часть бизнес-логики процесса, инкапсулированная в отдельный программный слой [8].

Для проведения НИОКР по теме «Разработка прототипа платформы мониторинга промышленного оборудования, состоящего из модуля сбора данных и аналитического модуля» в рамках первого подэтапа требовалось реализовать основные программные модули разрабатываемого программного комплекса онлайн-мониторинга работы промышленного оборудования: модуль сбора данных и аналитический модуль.

Процесс проведения НИОКР соответствует концепции научно-технического производства,

определенного в техническом задании, и представлен в виде модифицированного цикла Шухарта-Деминга, соответствующего шестифазной схеме процесса: анализ – план – исполнение – внутреннее тестирование и контроль качества – испытания в полевых условиях – принятие решения.

Для процесса разработки баз данных и программных модулей выбрана парадигма объектно-ориентированного программирования. Вследствие того что бизнес-логика каждого предприятия уникальна, для реализации возможности гибкой интеграции создаваемого продукта использован аспектно-ориентированный подход к определению свойств основных сущностей аналитического модуля.

**Результаты.** Данные, собранные с устройств мониторинга, параллельно с отправкой в модуль анализа сохраняются в промежуточную базу данных. Модуль сбора данных использует технологию ORM (Object-Relational-Mapping) для отображения объектной модели данных в реляционную [9]. Модуль сбора данных динамически генерирует реляционную модель базы данных, исходя из объектной модели, используемой модулем. В качестве СУБД (система управления базами данных) модуль сбора данных использует открытую СУБД MySQL. Аналитический модуль программного комплекса мониторинга промышленного оборудования принимает, обрабатывает, хранит, визуализирует данные, полученные с модуля сбора данных сервера цехового.

Разрабатываемая база данных должна хранить информацию: о пользователях аналитического модуля; о ролях пользователей в системе; о правах доступа пользователей; о цехах; об оборудовании; о полученных данных с оборудования в цеху; о производимой продукции; о шаблонах отображения данных с оборудования; о справочной информации [10].

Архитектура приложения программного модуля содержит ряд основных подмодулей, а также произвольное количество вспомогательных подмодулей – драйверов, связанных с основными лишь косвенно и загружающихся динамически (на рисунке 1). При этом каждый подмодуль является опциональным и необязательным для функционирования системы в целом [11].

Архитектура приложения программного модуля предусматривает использование произвольной СУБД благодаря применению ORM (прим. англ. Object-RelationalMapping, рус. – объектно-реляционное отображение), а также косвенной связи основного подмодуля со вспо-

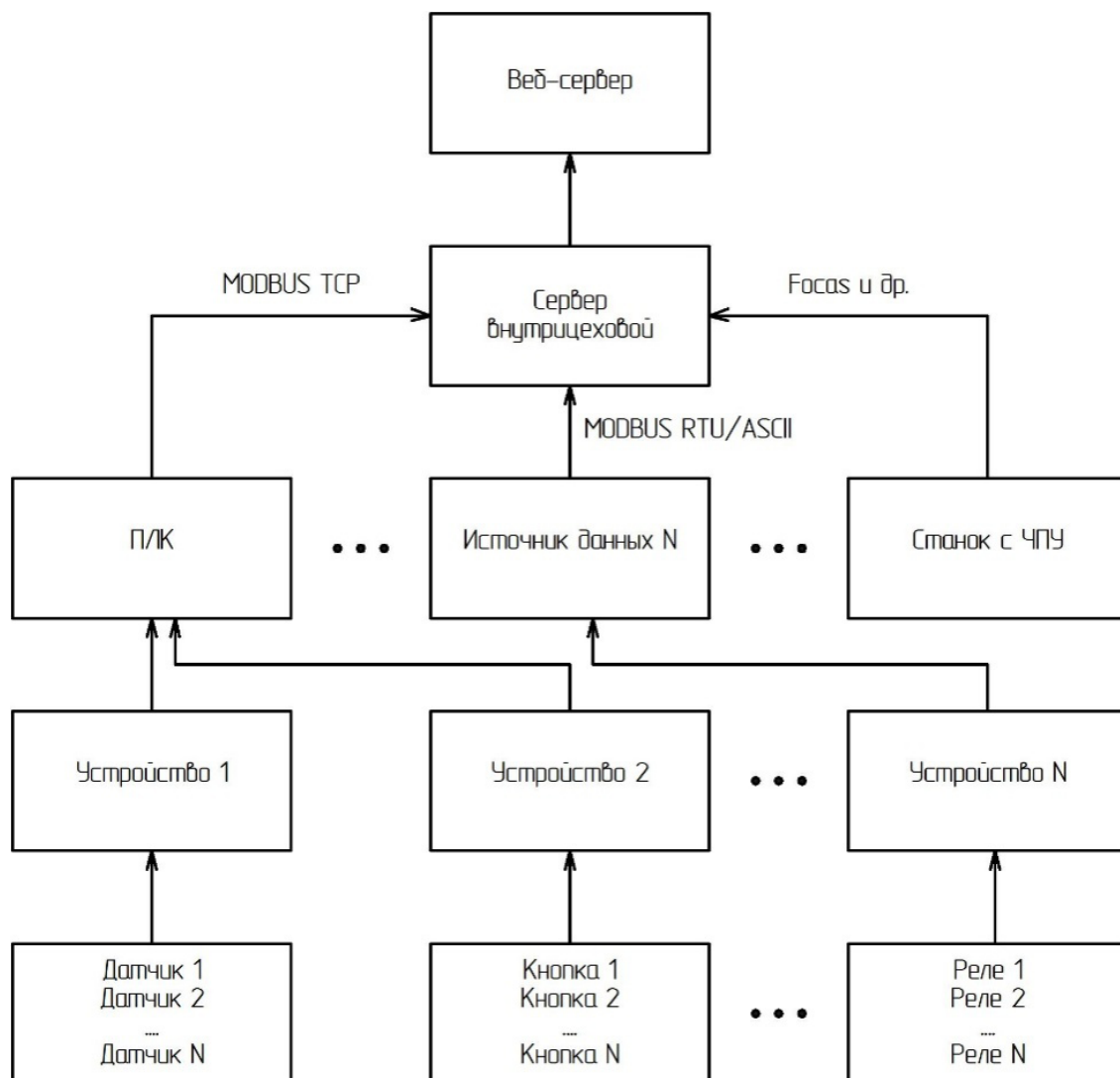


Рисунок 1 – Архитектура системы сбора данных с оборудования

могательными подмодулями – частными реализациями ORM для конкретной СУБД.

Модуль сбора данных соответствующим образом конфигурируется, чтобы задействовать динамически подключаемые драйверы, без необходимости пересборки основных подмодулей, так как драйверы источников данных имеют косвенную связь с основным подмодулем.

В системе драйверов источников данных используются такие понятия, как «датчик», «источник данных», «устройство» [12].

Под устройством понимается одно из физических устройств, работающих на определенном этапе технологического процесса, например, станок, печь и пр. Каждый источник данных соединён с несколькими устройствами и собирает с них информацию в реальном времени.

Датчик – это абстракция объекта, который имеет определённое изменяющееся с течением времени состояние (отражающее один элемент состояния устройства), которое можно запро-

сить. Состояние датчика имеет определённый тип данных. Тип данных может быть флагом, целым числом, набором байтов и т. п. Существует вполне очевидная аналогия датчика как абстракции системы драйверов программного модуля и реального физического датчика. Их отличие лишь в том, что датчик как абстракция может олицетворять как физический датчик, так и нечто, что не является физическим датчиком, например, состояние выполнения программы на станке с ЧПУ и даже бинарный код самой управляющей программы обработки детали.

Ключевыми особенностями сбора данных с физических датчиков являются: отличие в их способе подключения; различное напряжение питания и способ съёма информации.

Ядро модуля сбора данных (графически схема представлена на рисунке 2) представлено в виде набора бинарных файлов-сборок NETCore. Ядро состоит из нескольких подмодулей: центральный подмодуль; центральный

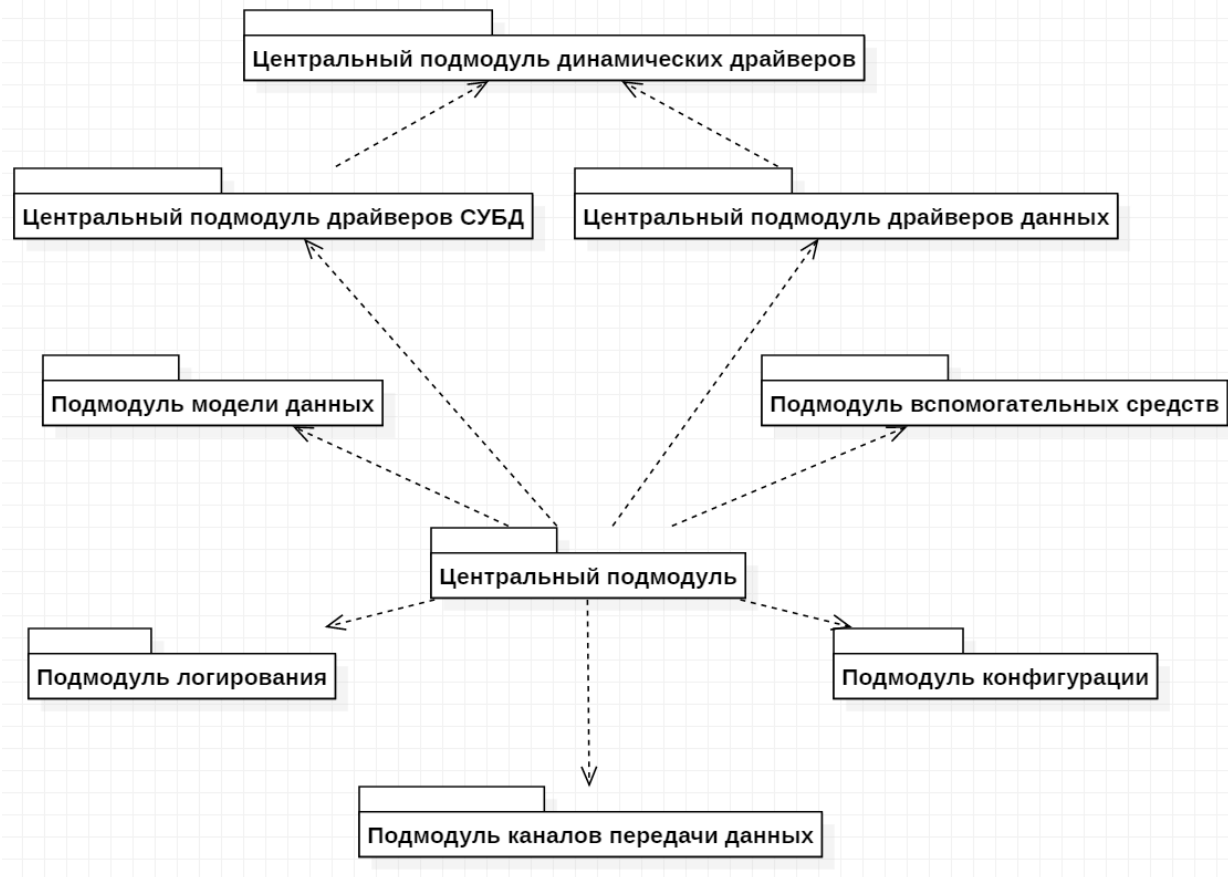


Рисунок 2 – Диаграмма подмодулей ядра модуля сбора данных

подмодуль динамических драйверов; центральный подмодуль драйверов данных; центральный подмодуль драйверов СУБД; подмодуль конфигурации; подмодуль логирования; подмодуль модели данных; подмодуль вспомогательных средств.

Подмодули для корректного функционирования используют средства, определённые в центральном подмодуле драйверов данных. Благодаря определённым стандартам проектирования подмодуль драйвера может быть определён системой динамической загрузки как подмодуль драйвера. Для этого используются наследование от общего абстрактного класса и фабрики драйверов с общим интерфейсом.

Модуль сбора данных осуществляет логирование хода работы. Логирование ведётся как в файлы на носителях информации, так и в окне консоли (терминала).

В результате разработки модуля сбора данных реализованы следующие функции: прием первичных данных с технологического промышленного оборудования; накопление и резервирование полученных данных; преобразование входящих сигналов в цифровые данные.

Серверное приложение аналитического модуля программного комплекса реализовано

в виде SPA-приложения (SinglePageApplication). SPA – это web-приложение, размещенное на одной web-странице, которая для обеспечения работы загружает необходимый код приложения вместе с первоначальной загрузкой самой страницы. Средой выполнения таких приложений является браузер, в связи с этим выбор языка программирования JavaScript был обязательным на данный момент, поскольку поддержка JavaScript является стандартом для современных веб-браузеров, для исполнения взаимодействия с базой данных язык программирования php.

При разработке серверного приложения использовался фреймворк Vuejs, который позволяет организовать компонентный подход внутри приложения. Компоненты представляют собой пригодные к повторному использованию объекты. Такой подход позволяет избежать повторно написания кода.

Shards-UI в своем распоряжении имеет достаточно большое количество стандартных компонентов (рисунок 3), например, таких как: кнопки, контейнеры, заголовки, списки, маркеры, формы, таблицы, выпадающие списки и так далее. Разрабатываемое приложение предназначено для удобного просмотра статистики об используемом в цехах оборудовании, параметрах

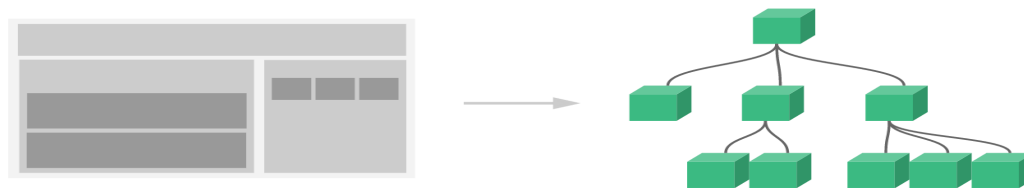


Рисунок 3 – Компонентный подход в приложении Vuejs

использования и функционального состояния производственного оборудования.

**Выводы.** В ходе теоретической работы по изучению бизнес-процессов промышленных производств была выявлена закономерность: большая часть изменчивости в программных продуктах для предприятий расположена на стыке предметных областей (модулей). Именно здесь расположено большинство отличий предприятий одной ниши, и успех интеграции зависит в основном от того, насколько качественно и быстро удастся переработать эти узкие места под конкретного заказчика [13].

В итоге технология разработки программного обеспечения отличается от конкурентных платформ и решений: использованием только уже существующих объектно-ориентированных языков программирования [14]; инкапсуляцией изменчивости в прикладной логике работы производственных подразделений предприятий, т. е. вынесением потенциально изменчивых настроек и параметров в отдельный слой изменчивости; модульным характером и способом создания конечного продукта из модулей, скелетона программы и слоя изменчивости.

Целью работы настоящего подэтапа является разработка двух основных модулей программной платформы: модуля сбора данных с промышленного оборудования и модуля аналитики и визуализации работы промышленного оборудования. Были поставлены задачи первого подэтапа: разработать базы данных для модулей; разработать серверные приложения модулей, исполняемых в операционных системах; разработать драйверы в составе подсистемы модуля сбора данных для подключения промышленного оборудования в систему мониторинга для различных типов оборудования.

В результате выполнения поставленных задач разработаны два программных модуля, каждый состоит из базы данных, исполняемого серверного приложения и обеспечивает выполнение своих функций в определенных техническим заданием аппаратных устройствах, а также разработаны драйверы для промышленно-

го оборудования, работающего по протоколам modbus, и устройств с числовым программным управлением.

Модуль сбора данных получает аналоговые, дискретные, цифровые данные и текстовые строки, аналитический модуль на основе полученных данных строит графики, выводит табличные значения и настраиваемые выгрузки - что является отраслевым стандартом для подобных систем [15].

Полученные результаты соответствуют поставленным задачам и цели работы, работа выполнена в соответствии с техническим заданием и календарным планом. В целом можно признать работы логически законченными; задачи – выполненными, а цель – достигнутой.

### Список литературы

- 1 Чарыков В.И., Евдокимов А.А., Новикова В.А. Оценка силовой характеристики магнитного поля установки УМС-4М // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 3 (31). С. 78-80.
- 2 Манило И.И., Воинков В.П. Эффективность использования асинхронного короткозамкнутого электродвигателя в силовом приводе правильного агрегата в условиях АПК // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 3 (31). С. 59-64.
- 3 Лебедев Д.В., Рожков Е.А., Пивоваров М.И. Параметры и режим работы опико-электронной установки для контроля качества копчёной рыбы // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 4 (36). С. 66-73.
- 4 Шваб К. Четвертая промышленная революция: пер. с англ. М.: Эксмо, 2016. 208 с.
- 5 Ким Е.О., Шин А.А. Интернет вещей: перспективы применения // Вестник Челябинского государственного университета. Экономические науки. 2019. № 3 (425). С. 230-234.
- 6 Рожкова Ж. Интернет вещей: прогнозы по развитию рынка [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.likeni.ru/analytics/internet-veshchey-prognozy-po-razvitiyu-rynka/> (дата обращения 21.08.2020).
- 7 Показатели демографии предприятий // Федеральная служба государственной статистики

[Электронный ресурс]. – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/reform/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/reform/) (дата обращения: 07.07.2020).

8 Вендров А.М. Проектирование программно-обеспечения экономических информационных систем: учебник. М.: Финансы и статистика, 2006. 544 с.

9 Гецци К., Джазайери М., Мандриоли Д. Основы инженерии программного обеспечения. 2-е изд.: пер. с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 832 с.

10 Мекшун А.Н., Мекшун Ю.Н. Технологии мониторинга техники и оборудования в промышленном производстве // Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (26 марта 2020 г.). Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2020. С. 32-35.

11 Колтынчук Б.А., Вольфсон М.Б. Электронный бизнес и электронные предприятия в постиндустриальной экономике // Проблемы современной экономики. 2012. № 2. С. 166-168.

12 Система мониторинга «Диспетчер» – мониторинг работы оборудования, станков с ЧПУ и автоматических линий [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.intechnology.ru/> (дата обращения: 07.07.2020).

13 Евдокимов И.В., Красиков В.А., Мартынов Н.Е., Дёмин Г.А. Реестр рисков программного проекта // Качество. Инновации. Образование. 2017. № 6 (145). С. 65-71.

14 Индустриальный интернет вещей. Перспективы российского рынка [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.rostelecom.ru/projects/IoT/study\\_IDC.pdf](http://www.rostelecom.ru/projects/IoT/study_IDC.pdf) (дата обращения: 07.07.2020).

15 Системы мониторинга станков с ЧПУ в России. Обзор технологий и рынка за 2016 г. [Электронный ресурс] - URL: [http://planetacam.ru/articles/market/sistemy\\_monitoringa\\_stankov\\_s\\_chpu\\_v\\_rossii\\_obzor\\_tekhnologiy\\_i\\_rynka\\_za\\_2016\\_g/](http://planetacam.ru/articles/market/sistemy_monitoringa_stankov_s_chpu_v_rossii_obzor_tekhnologiy_i_rynka_za_2016_g/) (дата обращения: 08.09.2020).

#### List of references

1 Charykov V.I., Evdokimov A.A., Novikova V.A. Evaluation of the power characteristics of the magnetic field of the UMS-4M installation // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2019. № 3 (31). Pp. 78-80.

2 Manilo I.I., Voinkov V.P. Efficiency of use of asynchronous short-circuited electric motor in the power drive of the correct unit in the conditions of agro-industrial complex // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2019. № 3 (31). Pp. 59-64.

3 Lebedev D.V., Rozhkov E.A., Pivovarov M.I. Parameters and operation mode opto-electronic system to control the quality of smoked fish // Vest-

nik Kurganskoy GSKhA. 2020. № 4 (36). Pp. 66-73.

4 Schwab K. Fourth Industrial Revolution: translated from English. M.: Eksmo, 2016. 208 p.

5 Kim E.O., Shin A.A. Internet of Things: Prospects for Application // Bulletin of Chelyabinsk State University. Economic sciences. 2019. № 3 (425). С. 230-234.

6 Rozhkova J. Internet of Things: market development forecasts [Electronic resource]. – URL: <https://www.likeni.ru/analytics/internet-veshchey-prognozy-po-razvitiyu-rynka/> (circulation date 21.08.2020).

7 Indicators of the demography of enterprises // Federal State Statistics Service [Electronic Resource]. – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/reform/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/reform/) (circulation date: 07.07.2020).

8 Vendrov A.M. Design of software for economic information systems: textbook. M.: Finance and statistics, 2006. 544 p.

9 Gezzi K., Jazayeri M., Mandrioli D. Fundamentals of Software Engineering. 2nd edition: translation from English. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2005. 832 p.

10 Mekshun A.N., Mekshun Yu.N. Technologies for monitoring equipment and equipment in industrial production // Engineering support in the implementation of socio-economic and environmental programs of the agro-industrial complex: materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference (March 26, 2020). Kurgan: Publishing House of the Kurgan State Agricultural Academy, 2020. Pp. 32-35.

11 Koltynyuk B.A., Wolfson M.B. Electronic business and electronic enterprises in post-industrial economy // Problems of modern economy. 2012. № 2. Pp. 166-168.

12 Monitoring system «Dispatcher» – monitoring the operation of equipment, CNC machines and automatic lines [Electronic resource]. – URL: <https://www.intechnology.ru/> (reference date: 07.07.2020).

13 Evdokimov I.V., Krasikov V.A., Martynov N.E., Dyomin G.A. Register of risks of the program project // Quality. Innovation. Education. 2017. № 6 (145). Pp. 65-71.

14 Industrial Internet of Things. Prospects of the Russian market [Electronic resource]. – URL: [http://www.rostelecom.ru/projects/IoT/study\\_IDC.pdf](http://www.rostelecom.ru/projects/IoT/study_IDC.pdf) (accessed: 07.07.2020).

15 Monitoring systems of CNC machines in Russia. Technology and market review for 2016 [Electronic resource] - URL: [http://planetacam.ru/articles/market/sistemy\\_monitoringa\\_stankov\\_s\\_chpu\\_v\\_rossii\\_obzor\\_tekhnologiy\\_i\\_rynka\\_za\\_2016\\_g/](http://planetacam.ru/articles/market/sistemy_monitoringa_stankov_s_chpu_v_rossii_obzor_tekhnologiy_i_rynka_za_2016_g/) (accessed: 08.09.2020).