

По всему интервалу исследований азимут распространения быстрой поперечной волны Север-Северо-Запад – Юг-Юго-Восток определяется тонким переслаиванием различных по своим акустико-плотностным свойствам пород, залегающих не ортогонально относительно ствола скважины, либо наличием субвертикальной трещиноватости пород, а направление Север Северо-Восток – Юг Юго-Запад определяется напряжением горных пород.

Таким образом, анализ данных ЭМС позволил дать геологическую характеристику продуктивных горизонтов о состоянии разработки залежей Речицкого нефтяного месторождения.

Литература

1. Xiaoming Tang and Raghu K. Chundur. Simultaneous inversion of formation shear-wave anisotropy parameters from cross-dipole acoustic-array waveform data. GEOPHYSICS, Vol. 69, N 5 (SEPTEMBER-OCTOBER 1999), P. 1502–1511.
2. Отчет по обработке и интерпретации данных электрического микросканера (КарСар МС-В) и кросс-дипольного акустического каротажа (КарСар 8АД73) / Логсервис. Исполнители: Е. С. Ермолаева, В. И. Сосков, 2020.
3. Холодницкий, Д. А. Оценка эффективности проведения гидроразрыва пласта на скважинах залежи БС10 Южно-Ягунского месторождения / Д. А. Холодницкий, В. Н. Мезрин. – Пермь : Перм. гос. техн. ун-т, 2005.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКОВ И ИОТ УСТРОЙСТВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ ИНДУСТРИЯ 4.0

А. А. Капанский

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Четвертая промышленная революция, направленная на интенсивное внедрение цифровых технологий в промышленном секторе, определяет новый этап в развитии глобальной экономики. Особенно актуальным становится принятая концепция «Новая индустрия 2040», базирующаяся на основных принципах Стратегии «Наука и технологии 2018–2040». Здесь значимая роль отводится процессам цифровизации, использованию программных комплексов и систем мониторинга на базе интеллектуальных решений с применением датчиков в технологическом процессе.

В этом контексте интернет вещей (IoT) и его применение в системах промышленного мониторинга для непрерывного контроля гидравлического давления и оптимизации технологических параметров приобретают особую важность. Это отражается активной разработкой и интеграцией различных логгеров и «умных» цифровых устройств в промышленные процессы России и Беларуси. Актуальными становятся вопросы цифровизации и в технологических системах водоснабжения. Эффективное решение этих задач в условиях развития Индустрии 4.0 требует нового менее затратного и быстрореализуемого подхода к сбору, обработке и передаче данных.

Датчики и IoT устройства, обеспечивающие измерение и передачу информации о гидравлическом давлении в реальном времени, становятся неотъемлемой частью современной инфраструктуры, поддерживая тенденцию к цифровой трансформации водоканалов и других промышленных объектов. Цель данного материала – осветить важность и роль устройств интернета вещей в условиях современных технологических трендов и, в частности, развития систем мониторинга параметров гидравлического давления.

Ключевые слова: система водоснабжения, интернет вещей, Индустрии 4.0, протокол MQTT, мониторинг состояния технических систем, контроль технологических параметров.

APPLICATION OF SENSORS AND IOT DEVICES FOR HYDRAULIC PRESSURE MONITORING IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

A. A. Kapansky

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The fourth industrial revolution, aimed at intensive implementation of digital technologies in the industrial sector, defines a new stage in the development of the global economy. The adopted concept becomes especially relevant “New Industry 2040”, based on the basic principles of the Strategy “Science and Technology 2018-2040”. Here, a significant role is given to digitalization processes, the use of software systems and monitoring systems based on intelligent solutions using sensors in the technological process.

In this context, the Internet of Things (IoT) and its application in industrial monitoring systems for continuous monitoring of hydraulic pressure and optimization of process parameters are of particular importance. This is reflected by the active development and integration of various loggers and “smart” digital devices into industrial processes in Russia and Belarus. Issues of digitalization in technological water supply systems are also becoming relevant. Effectively solving these problems in the context of the development of Industry 4.0 requires a new, less expensive and quickly implemented approach to collecting, processing and transmitting data.

Sensors and IoT devices that measure and transmit information about hydraulic pressure in real time are becoming an integral part of modern infrastructure, supporting the trend towards digital transformation of water utilities and other industrial facilities. The purpose of this material is to highlight the importance and role of Internet of Things devices in the context of modern technological trends and, in particular, the development of systems for monitoring hydraulic pressure parameters.

Keywords: water supply system, Internet of things, Industry 4.0, MQTT protocol, monitoring the condition of technical systems, monitoring technological parameters.

В последние годы активный рост цифровых технологий обеспечил новых подход к развитию производственного процесса в контексте Четвертой промышленной революции. В качестве базовых принципов здесь выступают процессы автоматизации, функциональной совместимости различных систем, информационной прозрачности и децентрализованных решений [1, 2]. Эти принципы позволяют промышленности эффективно интегрировать физические и виртуальные системы, преодолевать барьеры между интеграцией широкого спектра оборудования, создавая гибкие информационные сервисы за счет использования удобных в обработке протоколов [3, 4].

В свете этих тенденций широкое распространение в использовании принимает протокол прикладного уровня MQTT (англ. Message Queuing Telemetry Transport), изначально разработанный для передачи информации в сложных условиях связи, обеспечивая легковесность, надежность и масштабируемость за счет структурирования данных в форме «ключ-объект» [5]. В качестве «ключа» могут выступать цифровые выходы устройства сбора данных, обеспечивания их идентификацию. В свою очередь «значения» могут определять текущий показатель или статус измерения, сырые единичные данные, полученные от датчиков или более сложные структуры данных, такие как массивы, словари или JSON-объекты. Например, при мониторинге гидравлического давления в системах водоснабжения параметр «значение» может включать в себя результат измерения состояния «токовой петли» от первичного преобразования давления (рис. 1, а).

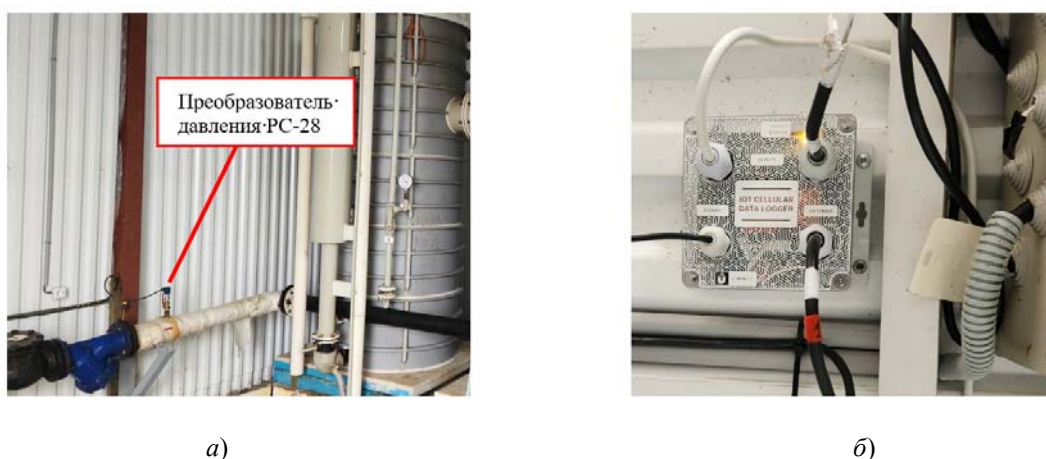


Рис. 1. Процесс подключения первичного преобразователя давления на станции обезжелезивания:

а – первичный преобразователь, врезанный в напорный трубопровод;
б – IoT-логгер, обеспечивающий процесс измерения и передачи данных

В контексте повышения эффективности и надежности водоканалов обеспечение системы непрерывного мониторинга давления позволяет найти решения для широкого диапазона задач, начиная с улучшения надежности работы системы, предотвращения аварийных ситуаций из-за резких перепадов давления и заканчивая глубокой оптимизацией ресурсов и снижением эксплуатационных затрат [6–8]. В этой среде устройство сбора и передачи данных (УСПД или IoT-логгер) играет центральную роль в системе мониторинга, обеспечивая прямое подключение к датчикам давления (рис. 1, б), врезанным в трубопровод (рис. 1, а). В дальнейшем первичный преобразователь давления функционирует на основе принципа источника тока, т. е. выходной сигнал датчика представляет собой токовый сигнал, изменяющийся пропорционально измеряемому давлению. Эти данные собираются и классифицируются в зависимости от цифровых выходов УСПД и передаются посредством протокола MQTT на сервер обработки данных, где реализуется первичная операция по масштабированию «сырых» данных [7, 8]. На сервере значения давления сохраняются в базе данных и подвергаются дальнейшему анализу. Аналитические инструменты могут автоматически определять аномалии, предсказывать потенциальные проблемы в системе или даже автоматически регулировать рабочие параметры системы для оптимизации работы.

Стоит отметить, что особенностью протокола MQTT является применение концепции топиков в качестве механизма идентификации различных устройств и каналов обмена информацией. Этот подход дает возможность клиентам целенаправленно выбирать интересующие их потоки данных, получая только необходимую для них информацию. В центре идеи MQTT лежит модель «издатель – подписчик». Это означает, что устройства могут функционировать в качестве источников данных или, наоборот, как их конечные получатели (рис. 2).

Каждый топик в MQTT специфически ориентирован на определенный тип данных или функцию. Например, топик «update» одного из IoT-устройств российской компании Телеофис [2], имеющий структуру root/ClientID/update, используется для передачи обновлений и изменений, что позволяет подписчикам в режиме реального времени получать актуальную информацию. Здесь в роле «root» выступает корневая директория, а «ClientID» – уникальный номер (IMEI) устройства. Топики «setparam»

и «teadragam» разработаны для дистанционного управления устройствами и позволяют не только настраивать параметры устройства на расстоянии, но и запрашивать текущие параметры для мониторинга и диагностики. Основная информация о гидравлическом давлении собирается в топике «data», которая может включать в себя текущие показатели с 12-ти независимых выходов устройства. Это дает централизованный доступ к критически важным данным. Служебная информация и статистика устройства, а также различные уведомления систематизированы в топиках «tele» и «notices». Это обеспечивает быстрый доступ к важной служебной информации и уведомлениям.

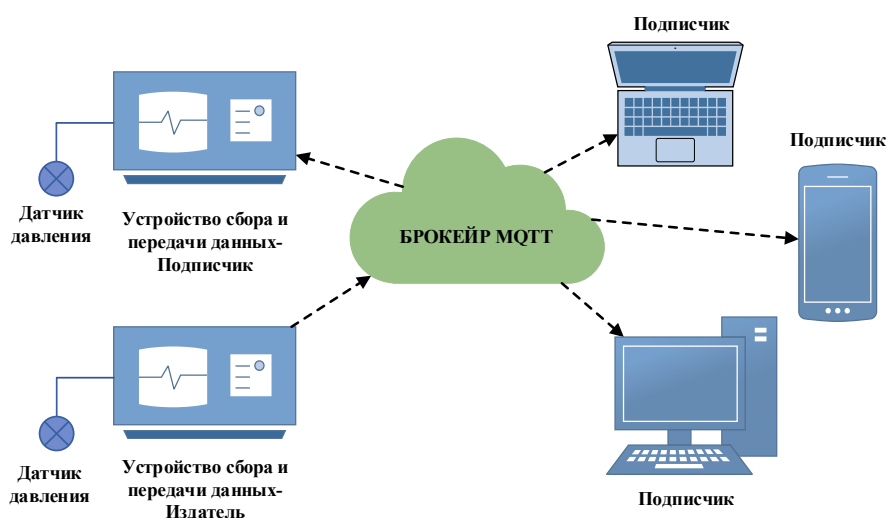


Рис. 2. Схема взаимодействия устройств с использованием протокола прикладного уровня MQTT

В условиях развития Индустрии 4.0 протокол MQTT выделяется своей гибкостью, масштабируемостью и эффективностью, обеспечивая быструю и надежную передачу данных благодаря модели «издатель – подписчик». Его способность работать с топиками позволяет устройствам динамично подписываться на конкретные потоки данных, сокращая нагрузку на сеть и предоставляя улучшенные механизмы безопасности. Эти преимущества делают MQTT идеальным выбором для интеграции современных цифровых технологий в промышленные процессы.

Литература

1. О Компании ООО «Вега-Абсолют. – Режим доступа: <https://vega-absolute.ru/manufacture/>. – Дата доступа: 16.10.2023.
2. О компании TELEOFIS. – Режим доступа: <https://teleofis.ru/about/>. – Дата доступа: 16.10.2023.
3. Pipe Insulation Monitoring система дистанционного контроля состояния изоляции ПИ-труб TELEOFIS. – Режим доступа: https://iice.by/solutions_products/pi_monitoring/. – Дата доступа: 16.10.2023.
4. Васильев, И. Спутниковый IoT для нефтегазовой промышленности / И. Васильев // Технологии и средства связи. – 2020. – № S1. – С. 84–85. – EDN CDCIPX.
5. Naik, N. Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP / N. Naik // 2017 IEEE international systems engineering symposium (ISSE). – IEEE, 2017. – С. 1–7.
6. Optimize the cost of paying for electricity in the water supply system by using accumulating tanks / A. Kapanski [et al.] // E3S Web of Conferences, Prague, 14–15 мая 2020 г. – Prague, 2020. – P. 01065. <http://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801065>. – EDN CSSMKC.
7. Попов, В. К. Состояние водоснабжения г. Томска и эколого-экономические последствия / В. К. Попов, А. В. Бочаров // Вестн. Том. гос. архитектур.-стр. ун-та. – 2008. – № 3 (20). – С. 180–188. – EDN JTXYWR.

8. Грачева, Е. И. Применение аналитического метода расчета надежности элементов систем электропитания на основе вероятностных моделей / Е. И. Грачева, А. Р. Сафин, Р. Р. Садыков // Надежность и безопасность энергетики. – 2017. – Т. 10, №. 1. – С. 48–52.
9. Белов, О. А. Системная интеграция контроля электрооборудования / О. А. Белов, А. И. Парфенкин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – Т. 10, №. 1. – С. 14–17.
10. Интеллектуальные системы учета как инструмент снижения потерь электрической энергии / Т. А. Мусаев [и др.] // Строительство: новые технологии – новое оборудование. – 2021. – № 2. – С. 52–55. – EDN GDPLEJ.

УДК 911.3:502.7:622.276

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА

В. А. Климович

Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти, РУП ПО «Белоруснефть», г. Гомель, Республика Беларусь

Рассмотрены вопросы использования золошлаковых отходов в качестве расклинивающего агента и как функциональной добавки к жидкости ГРП, последствия их применения.

Ключевые слова: отходы, расклинивающие агенты, раздавливание, функциональная добавка.

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING ASH AND SLAG WASTE FROM WOOD PROCESSING ENTERPRISES OF THE REPUBLIC OF BELARUS FOR HYDRAULIC FRACTURING

V. A. Klimovich

Belarusian Oil Research and Design Institute, RUP PO “Belorusneft”, Gomel

The article discusses the use of ash and slag waste as a proppant and as a functional additive to hydraulic fracturing fluid, and the consequences of their use.

Keywords: waste, proppants, crushing, functional additive

Согласно классификатору отходов Республики Беларусь (утвержден постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды № 3-Т от 09.09.2019 г.) в процессе экономической деятельности предприятий Министерства энергетики и предприятий Концерна лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности образуются следующие виды отходов [1]:

- зола от сжигания древесины, зола от сжигания дров (код отхода 3130601);
- зола и шлак топочных установок (код отхода 3130200);
- зола от сжигания торфобрикетов (код отхода 3130400);
- зола от сжигания торфа с древесиной (код отхода 3130401).

На территории Республики Беларусь, согласно данным МинЭнерго, от работы ТЭЦ суммарно за 2022 г. образовалось около 19,6 тыс. т золы.

В мировой практике использование золошлаков в технологиях ГРП не распространено и происходит в двух направлениях:

– использование мелкой фракции золы сухой при проведении ГРП («Fly Ash Frac») [2]. Суть технологии заключается в использовании зольных сухих отходов для