

*Хайретдинов Э.И., Мельникова Д.А., Турецков А.В.*

*ФГБОУ ВО «СамГТУ», г. Самара, Россия*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА ДАЧНОМ НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

**Аннотация.** В данной работе представлена разработка системы автоматизации процесса поддержания пластового давления (ППД) на примере Дачного нефтяного месторождения Республики Татарстан. Рассмотрены особенности технологической схемы подготовки и закачки воды на установке УПСВ-2200. Проанализированы текущие проблемы управления параметрами закачки, обоснована необходимость внедрения современных средств автоматизации. Предложена структура автоматизированной системы управления, включающая датчики, контроллеры и SCADA-систему. Приведены основные преимущества внедрения такой системы с точки зрения повышения эффективности, безопасности и экологичности процессов ППД.

**Ключевые слова:** система автоматизации, пластовое давление, поддержание пластового давления, АСУ ТП, нефтепромысловая автоматизация, Дачное месторождение, насосные агрегаты, электродвигатели, датчики давления, Modbus RTU, RS-485.

**Annotation.** This paper presents the development of a system for automating the process of maintaining reservoir pressure (PPD) using the example of a Suburban oil field in the Republic of Tatarstan. The features of the technological scheme of water treatment and injection at the UPS V-2200 installation are considered. The current problems of managing the upload parameters are analyzed, and the need for the introduction of modern automation tools is substantiated. The structure of an automated control system is proposed, including sensors, controllers and a SCADA system. The main advantages of implementing such a system from the point of view of increasing the efficiency, safety and environmental friendliness of PPD processes are given.

**Keywords:** automation system, reservoir pressure, reservoir pressure maintenance, automated process control system, oilfield automation, Dachnoye field, pumping units, electric motors, pressure sensors, Modbus RTU, RS-485.

Нефтедобывающая промышленность является одной из ключевых отраслей экономики России. Эффективность разработки нефтяных месторождений напрямую зависит от своевременного применения методов воздействия на пласт, одним из которых является поддержание пластового давления (ППД). На сегодняшний день большинство предприятий сталкиваются с необходимостью модернизации систем управления технологическими процессами, особенно на этапах сбора, подготовки и закачки воды. Это связано с ростом объёмов добычи, ужесточением экологических требований и необходимостью повышения точности контроля за параметрами технологического процесса. Современные технологии позволяют решить эти задачи за счёт внедрения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). В рамках настоящей работы предложена система автоматизации процесса ППД на Дачном нефтяном месторождении, адаптированная под конкретные условия эксплуатации и оборудование.

Характеристика объекта исследования: Дачное нефтяное месторождение

Дачное месторождение расположено на территории Черемшанского района Республики Татарстан и относится к числу сложных по геолого-физическим условиям залегания пластов. Для поддержания уровня добычи здесь активно используется метод ППД, предусматривающий закачку подготовленной воды через нагнетательные скважины. Процесс закачки воды включает следующие этапы: приём воды с установок подготовки, очистка и фильтрация, накопление в резервуарах, перекачка насосными агрегатами и закачка через нагнетательные скважины. Каждый этап требует постоянного контроля и регулирования параметров, таких как давление, уровень, расход и качество воды. Основным объектом автоматизации является установка подготовки и сброса воды (УПСВ-

2200), которая обеспечивает хранение, очистку и последующую перекачку воды для целей ППД.

#### Анализ текущего состояния и проблем безопасности

Процесс закачки воды проводится на установке УПСВ-2200, которая включает емкости для хранения воды, насосные агрегаты, фильтры и трубопроводы, а также системы контроля и сигнализации. Все процессы должны быть организованы с высокой степенью надёжности, так как любые отклонения могут привести к ухудшению состояния скважин, снижению дебита и даже к аварийным ситуациям. Традиционные способы управления процессом ППД сталкиваются с рядом трудностей: низкая оперативность сбора данных, недостаточная точность измерений, высокая степень участия человека, риск человеческой ошибки и отсутствие возможности прогнозирования аварийных ситуаций. Эти проблемы снижают общую эффективность процесса и увеличивают риск аварий. Таким образом, актуальным становится переход на автоматизированные системы управления (АСУ ТП), обеспечивающие комплексный подход к мониторингу и управлению технологическими процессами.

#### Современные подходы к автоматизации процессов ППД

Автоматизация позволяет значительно повысить уровень мониторинга и управления технологическими параметрами. Наиболее перспективным направлением является использование АСУ ТП, которые обеспечивают контроль и регулирование давления закачки, мониторинг параметров работы насосных агрегатов, автоматическое переключение резервного оборудования, интеграцию с системой диспетчерского управления, возможность удалённого доступа и диагностики. Такие системы позволяют снизить аварийность, повысить безопасность персонала и соответствовать современным требованиям охраны труда и экологической безопасности. Кроме того, внедрение АСУ ТП создаёт основу для дальнейшей цифровизации предприятия и интеграции в цифровую платформу нефтедобывающего производства.

#### Разработка системы автоматизации

Целью разработки является создание автоматизированной системы управления процессом ППД, которая позволит повысить точность и скорость реакции на изменения технологических параметров, снизить аварийность и простои, уменьшить затраты на обслуживание, повысить безопасность персонала и обеспечить соответствие экологическим стандартам. Предлагаемая система состоит из следующих уровней: полевой уровень — датчики, исполнительные механизмы, насосные агрегаты; контрольно-измерительный уровень — программируемые логические контроллеры (ПЛК), преобразователи сигналов; диспетчерский уровень — SCADA-система, рабочее место оператора; уровень связи — беспроводные/проводные каналы передачи данных. Алгоритмы управления включают: контроль давления заправки с возможностью корректировки частоты вращения насоса, обнаружение утечек по изменению расхода, автоматический запуск резервного оборудования при отказе основного, сигнализацию и защиту при достижении предельных значений параметров.

#### Описание оборудования

Насосы используются для перекачки воды из емкостей в нагнетательные скважины. Технические характеристики насосов: номинальная мощность электродвигателя — до 11 кВт, частота тока — 50 Гц, напряжение питания — 380 В, работа от преобразователя частоты — да, маркировка взрывозащиты — Ex d, степень защиты — не ниже IP 55, климатическое исполнение — У2 по ГОСТ 15150-69, класс взрывоопасности — В1г, ПА-Т3 по ПУЭ. В качестве привода насосов применяются асинхронные электродвигатели марки ВА180М4У1, с номинальной мощностью 30 кВт, частотой вращения 1460 об/мин, маркировкой взрывозащиты 1Ex d IIВ+H<sub>2</sub> T4 GB, степенью защиты IP 55, монтажным исполнением IM 2001 и климатическим исполнением УХЛ1 по ГОСТ 15150-69. Оборудование предназначено для эксплуатации в условиях: минимальная температура — минус 45 °С, максимальная температура — плюс 40 °С, средняя температура наиболее холодной пятидневки — минус 37 °С, класс взрывоопасности — В1г, ПА-Т3 по ПУЭ.

#### Архитектура системы автоматизации

Предлагаемая система автоматизации процесса ППД включает несколько уровней:

- Полевой уровень — включает датчики давления, уровня, расхода, а также насосные агрегаты и электродвигатели.
- Контрольно-измерительный уровень — представлен программными контроллерами и преобразователями сигналов, осуществляющими сбор и обработку информации.
- Диспетчерский уровень — включает SCADA-систему и рабочее место оператора, где осуществляется визуализация и централизованное управление.
- Уровень связи — реализуется через протоколы Modbus RTU и RS-485, что обеспечивает надёжную передачу данных между устройствами. На основе этих компонентов разработана система, способная обеспечивать непрерывный контроль параметров закачки, автоматическое регулирование режимов работы насосов и сигнализацию о возникающих отклонениях.

#### Преимущества внедрения

Внедрение автоматизированной системы управления процессом ППД на Дачном месторождении позволит: повысить эффективность добычи, снизить аварийность и простои, увеличить срок службы оборудования, повысить безопасность персонала, снизить влияние на окружающую среду и создать основу для дальнейшей цифровизации предприятия. Автоматизация процесса закачки воды обеспечивает более точное соблюдение технологических параметров, упрощает эксплуатацию и позволяет оперативно реагировать на изменения условий работы оборудования. Это делает систему не только экономически выгодной, но и важным элементом цифровой трансформации нефтедобывающего производства.

#### Заключение

Разработка системы автоматизации процесса поддержания пластового давления на Дачном нефтяном месторождении представляет собой важный шаг

в направлении цифровой трансформации нефтедобывающего производства. Предложенная система обеспечивает комплексный подход к управлению технологическими процессами, что способствует повышению их эффективности, безопасности и устойчивости. Внедрение системы автоматизации позволит не только повысить надёжность и точность процесса закачки воды, но и создаст основу для дальнейшего развития цифровых технологий на предприятии.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Александров А.А. Автоматизация технологических процессов нефтегазового производства [Текст] : учебное пособие / А.А. Александров. – Москва : Недра, 2005. – 384 с.
2. Басин В.М. Поддержание пластового давления при разработке нефтяных месторождений [Текст] / В.М. Басин, А.Д. Горбунов. – Москва : Недра, 1986. – 320 с.
3. Григорян А.М. Автоматизация добычи нефти и газа [Текст] / А.М. Григорян, А.Г. Сарданашвили. – Москва : Недра, 2001. – 447 с.
4. Калинин А.Г. Нефтепромысловая автоматизация [Текст] / А.Г. Калинин. – Москва : Информационно-издательский центр «Нефть и газ», 2010. – 280 с.