

УДК 681.518.5:621.65.052.2

ВАК 05.02.13

## **К вопросу о разработке структуры автоматизированной системы технической диагностики насосных агрегатов в нефтяных шахтах**

**Ягубов З. Х.<sup>1</sup>, Шичёв П. С.<sup>2</sup>**

Ухтинский государственный технический университет г. Ухта

*В статье изложены рекомендации по решению общих вопросов организации автоматизированной системы контроля и управления для технической диагностики насосов, эксплуатируемых в нефтяных шахтах.*

*Представлены обобщенная структура и описание состава и функций уровней типовой автоматизированной системы диагностики, приведен принципиальный порядок работы системы. Обозначены общие требования к контрольно-измерительной, управляющей и сигнальной аппаратуре автоматизированной системы диагностики. Отмечено наличие необходимых для создания системы устройств, серийно выпускаемых отечественными производителями.*

**Ключевые слова:** *техническая диагностика, автоматизированная система технической диагностики, контроль технического состояния, диагностика насосного агрегата.*

## **To the question of the development of the structure of an automated system for technical diagnostics of pumping units in oil mines**

**Yagubov Z. Kh., Shichev P. S.**

Ukhta State Technical University, Ukhta

*In the article sets out forth recommendations for resolving general issues related to the organization of an automated monitoring and control system for the technical diagnostics of pumps operated in oil mines.*

*Submitted a generalized structure and description of the composition and functions of the levels of the typical automated diagnostic system, submitted a principled the order of the work of the system. Designated the general requirements for control and measurement, operation and signaling equipment of the automated diagnostic system. It is noted availability the necessary's to create a system of devices serially produced by domestic manufacturers. It is noted availability the necessaries devices to create systems that are serial releasing by domestic manufacturers.*

**Keywords:** *technical diagnostics, automated system for technical diagnostics, control of technical condition, diagnostics of pump unit.*

<sup>1</sup> Ягубов Зафар Хангусейн оглы – д-р технических наук, профессор, заведующий кафедрой ЭАТП Ухтинского государственного технического университета.

<sup>2</sup> Шичёв Павел Сергеевич – ассистент кафедры ЭАТП Ухтинского государственного технического университета, shichev@bk.ru.

## **Введение**

Добыча нефти шахтным способом представляет собой непрерывный технологический процесс, важным звеном которого является перекачка нефти из нефтесборного пункта на поверхность насосными установками центральной нефтеперекачивающей станции (ЦНПС). К шахтным насосным агрегатам предъявляются высокие требования по безотказности и способности сохранять рабочие характеристики в установленных пределах. В то же время конструктивные элементы насосных установок находятся под воздействием повышенного износа, обуславливаемого физико-химическими и реологическими свойствами перекачиваемой нефтяной эмульсии, а также условиями работы при повышенной загрязненности, что приводит к снижению рабочего ресурса оборудования. В этой связи для предотвращения внезапных отказов насосных агрегатов требуется проведение мероприятий по контролю их фактического технического состояния.

Обозначенная задача решается применением методов технической диагностики, позволяющих выявить неисправности различного характера на ранних стадиях развития без вывода оборудования из эксплуатации. Контроль технического состояния насосного оборудования реализуется вибрационными, электромагнитными, параметрическими, температурными методами, контролем шумов, анализом смазок и др.

При этом в современных условиях обеспечения оперативного управления технологическими процессами техническая диагностика требует построения диагностических систем на базе средств автоматизации и управления.

## **Обобщенная структура автоматизированной системы диагностики**

Для управления оборудованием и контроля за ним на нефтедобывающих объектах, в том числе нефтяных шахтах, должны применяться двух- или трехуровневые системы [1].

Нижний уровень (полевой) состоит из первичных измерительных преобразователей (датчиков), осуществляющих преобразование исходных форм диагностических параметров в форму электрического сигнала, как правило, аналогового. В зависимости от применяемых методов диагностическими параметрами могут быть параметры вибрации оборудования, электромагнитные параметры привода, температура узлов, выходные параметры работы насоса (давление, производительность) и др.

Датчики с нижнего уровня поставляют информацию среднему уровню управления (контроллерному), состоящему из промышленных логических контроллеров (ПЛК) и прочих устройств аналого-цифрового, цифро-аналогового, дискретного, импульсного и т. п. преобразования, и устройств для сопряжения с верхним уровнем управления (коммуникационных модулей). Отдельные контроллеры объединяются друг с другом при помощи контроллерных сетей, которые строятся на базе каналов связи RS-232, RS-485, Ethernet. ПЛК могут обеспечить реализацию функций сбора, первичной обработки и хранения информации о техническом состоянии насосного оборудования, автоматического логического

управления и регулирования параметров работы оборудования, исполнение команд с пункта управления, самодиагностику, обмен информацией с пунктами управления.

Верхний уровень (информационно-вычислительный) – диспетчерский пункт (ДП) состоит из компьютеров, объединенных в локальную сеть (Fast Ethernet, либо Ethernet) с использованием в качестве передающей среды медной витой пары, либо оптоволокну (при больших расстояниях). ДП включает одну или несколько станций управления, представляющих собой автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера/оператора, реализующих функции обработки диагностических данных и отображения результатов анализа технического состояния диагностируемого насосного оборудования (значения диагностических параметров в различных формах, диагноз, прогноз), регистрации и анализа истории изменения (трендов) параметров, дистанционного, автоматического и ручного управления работой оборудования, предупредительной и аварийной сигнализации об изменении технического состояния оборудования, создания протоколов.

Все элементы диагностической системы автоматизации в шахте должны выбираться таким образом, чтобы соответствовать категории размещения, а также требуемому уровню взрывозащищенности [2]. Этот аспект особенно важен при проектировании подобных систем для работы в условиях подземных шахтных выработок, опасных по газу и пыли.

Рассмотрим обобщенную структуру автоматизированной системы диагностики насосных агрегатов в нефтешахте на примере использования электропараметрического метода контроля, являющегося достаточно актуальным методом технической диагностики динамического оборудования роторного типа [3, 4].

Основными элементами структурной схемы являются (рис. 1):

1. ПЛК, который осуществляет сбор информации с датчиков, прием сигналов с пульта оператора (ПО) и на основании этого производит автоматическое логическое управление и регулирование параметров технологического процесса перекачки нефти посредством подачи сигнала управления на контакторы, управляющие задвижками, и на пускатели типа ПВИ и ПМВИ, которые производят пуск и останов электродвигателей (М) насосов (Н).

2. Блок ввода/вывода, осуществляющий информационную связь между ПЛК, ПО, датчиками и управляемыми технологическими установками.

3. Кнопки управления (КУ) и информационные индикаторы (ИИ) служат для оповещения оператора о состоянии протекания технологического процесса и позволяют ему осуществлять управление работой насосных установок.

4. Датчики тока и напряжения статора приводных электродвигателей.

Сигналы с датчиков (датчики тока статора электродвигателей – ДТ 1-6, датчики напряжения ДН 1,2) поступают на блок аналогового ввода, где подвергаются аналого-цифровому преобразованию и по шине интерфейса RS-485 Modbus RTU поступают на ПЛК. Контроллер отправляет сигналы на АРМ диспетчера шахты, посредством канала интерфейса Ethernet, где происходит анализ полученных сигналов и делается вывод о текущем состоянии насосного агрегата. Затем сигнал с АРМ диспетчера поступает через ПЛК на ПО, где ИИ отображают информацию оператору в шахте. В случае критического значения диагностиче-

ских параметров контроллер включает контакторы, которые приводят в движение привод задвижек, и они закрываются. Затем контроллер подает управляющий сигнал в цепь управления пускателя электродвигателя насоса (ПВИ, ПМВИ). Электродвигатель останавливается. Эта операция может быть осуществлена как в автоматическом режиме, так и в ручном с АРМ диспетчера, либо прямо с ПО.

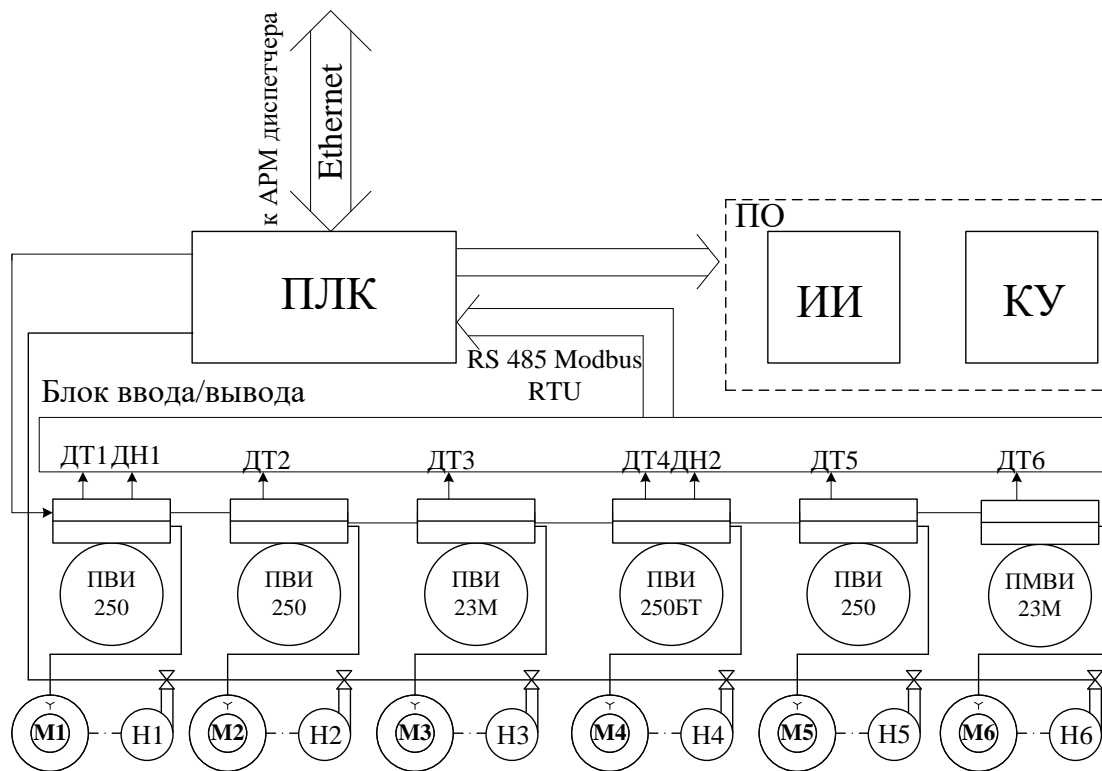


Рисунок 1. Структура автоматизированной системы диагностики

### Рекомендации по выбору технических средств систем диагностики

Приборы и средства для систем автоматизации рекомендуется подбирать в соответствии со следующими положениями [1]:

- для контроля и регулирования одинаковых параметров технологического процесса необходимо применять однотипные средства автоматизации, выпускаемые серийно;
- при большом числе одинаковых параметров рекомендуется применять многоточечные приборы;
- класс точности приборов должен соответствовать технологическим требованиям;
- для автоматизации технологических параметров во взрывоопасных помещениях и зонах с агрессивными средами необходимо предусматривать установку специальных приборов, а в случае применения приборов в стандартном исполнении нужно их защищать.

В настоящее время российскими производителями серийно выпускается оборудование, позволяющее в полном объеме решать задачи автоматизированного контроля и управления.

Фирма ОВЕН [5] производит широкие линейки контрольно-измерительного оборудования, в том числе, ПЛК для малых (100, 150, 154) и средних (110, 160) систем автоматизации, модули ввода/вывода, панели операторов, а также блоки для обеспечения искробезопасности цепей и взрывозащищенности системы. Контроллеры снабжены аналоговыми входами для унифицированных сигналов по току и напряжению, поддерживают интерфейсы RS-232, 485, Ethernet, USB-Device для обмена данными по всем уровням автоматизированной системы.

Отечественная компания АО «Экоресурс» является производителем взрывозащищенного ПЛК БАЗИС-100, позволяющего реализовывать функции управления, сигнализации и противоаварийной автоматической защиты оборудования [6]. С помощью каналов входных модулей к ПЛК могут быть подключены датчики токовые активные и пассивные, напряжения. Взрывозащита обеспечивается для входных и управляющих выходных модулей ПЛК встроенными барьерами с маркировкой [Exia]ПС. Дополнительно возможна установка во взрывоопасных зонах специальных входных модулей с маркировкой 0ExiaПСТ6, которые затем связываются с ПЛК через коммутационно-барьерные модули. Обмен информацией осуществляется по интерфейсам RS-485 и Ethernet.

Для измерения сигналов тока и напряжения в автоматизированной системе диагностики могут применяться разъемные и неразъемные измерительные преобразователи тока, токовые клещи, измерительные преобразователи напряжения. Фирмой ООО «ГОРИЗОНТ» предлагаются измерительные преобразователи тока и напряжения различного типа и с широкими диапазонами значений измеряемых параметров [7].

## **Выводы**

1. Мероприятия по техническому диагностированию насосных установок, эксплуатируемых в нефтяных шахтах на ЦНПС, эффективно реализуются с помощью автоматизированных систем контроля и управления по электропараметрическому методу контроля. Такие системы могут быть построены на базе ПЛК, подключаемого к АРМ диспетчера, ПО, модулей ввода/вывода и первичных измерительных преобразователей тока и напряжения. Специфика условий эксплуатации объекта диагностики определяет необходимость взрывозащищенного исполнения элементов автоматизированной системы.

2. Автоматизированные системы диагностики рассматриваемой структуры комплектуются аппаратурой, серийно выпускаемой отечественными производителями.

## **Список литературы**

1. Громаков Е. И. Проектирование автоматизированных систем. Томск : Томский политехнический университет, 2009. 134 с.
2. Библия электрика: ПУЭ, МПОТ, ПТЭ. М. : Эксмо, 2012. 752 с.

3. Ягубов З. Х., Шичёв П. С., Тетеревлева Е. В., Дементьев И. А. Об исследовании процесса обнаружения дефектов насосно-компрессорного оборудования по гармоническому составу тока статора электродвигателя [Электронный ресурс] // Нефтегазовое дело. Уфа : УГНТУ, 2015. № 4. С. 473–496. Режим доступа: [http://ogbus.ru/issues/4\\_2015/ogbus\\_4\\_2015\\_p473-496\\_YagubovZKh\\_ru\\_en.pdf](http://ogbus.ru/issues/4_2015/ogbus_4_2015_p473-496_YagubovZKh_ru_en.pdf).

4. Шичёв П. С., Ягубов З. Х. Определение диагностических признаков неисправного состояния центробежного насосного агрегата в спектре тока электродвигателя // Контроль. Диагностика. «Спектр», 2017. № 6. С. 50–57.

5. ОВЕН. Оборудование для автоматизации [Электронный ресурс] // Фирма «ОВЕН». М. Режим доступа: <http://www.owen.ru/> (дата обращения: 03.12.2018).

6. Андриянов И. Н., Тучинский С. В. ПЛК БАЗИС-100 – новый отечественный взрывозащищенный контроллер // Промышленные АСУ и контроллеры. «Научтехлитиздат», 2012. № 6. С. 45–49.

7. Датчики тока и напряжения [Электронный ресурс]. Московская обл. : Федеральное космическое агентство ОАО «НИИЭМ». Режим доступа: <http://www.niem46.ru/> (дата обращения: 03.12.2018).

### List of reference

1. Gromakov, E. I., *Designing automated systems*, Tomsk, Tomsk Polytechnic University, 2009, 134 p.

2. *Electrician bible: RIE, IRPJ, RTOEIC*, Moscow, Eksmo, 2012, 752 p.

3. Yagubov, Z. Kh., Shichev, P. S., Teterevleva, E. V., Dementiev, I. A., “On the investigation of the process detecting defects of the compressor equipment harmonic structure of the stator current of the motor”, *Oil and Gas Business*, USOTU, 2015, no. 4, p. 473–496, [http://ogbus.ru/issues/4\\_2015/ogbus\\_4\\_2015\\_p473-496\\_YagubovZKh\\_ru\\_en.pdf](http://ogbus.ru/issues/4_2015/ogbus_4_2015_p473-496_YagubovZKh_ru_en.pdf).

4. Shichev, P. S., Yagubov, Z. H., “Definition of diagnostic signs of fault condition of centrifugal pump unit in the spectrum of current of electric motor”, *Testing. Diagnostics*, Spektr, 2017, no. 6, pp. 50–57.

5. *OVEN. Equipment for automation*, firm OVEN, Moscow, access mode : <http://www.owen.ru/> (date of the application: 03.12.2018).

6. Andriyanov, I. N., Tuchinsky, S. V., “PLC BASIS-100 – new domestic explosion-proof controller”, *Industrial ACS and controllers*, Naughtekhlitizdat, 2012, no. 6, pp. 45–49.

7. *Sensors of current and voltage*, Federal Space Agency OJSC NIEM, Moscow region, access mode: <http://www.owen.ru/> (date of the application: 03.12.2018).