

УДК 681.51:622.276(045)

DOI: 10.22213/2410-9304-2022-4-80-89

Выбор датчиков на нефтегазодобывающих скважинах с учетом импортозамещения

С. Г. Мухаметдинова, аспирант, УдмФИЦ Уро РАН; Ижевский нефтяной научный центр, Ижевск, Россия

А. И. Коршунов, доктор технических наук, профессор, УдмФИЦ Уро РАН,
Ижевск, Россия

Н. О. Вахрушева, кандидат технических наук, Ижевский нефтяной научный центр, Ижевск, Россия

В статье рассматриваются задачи выбора и импортозамещения датчиков, применяемых для автоматизации нефтегазодобывающих скважин. Датчики представляют собой нулевой уровень в автоматизированной системе управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Данная задача является в настоящее время очень актуальной в нефтегазодобывающей промышленности России. Нефтегазодобывающая промышленность формирует основную часть бюджета страны и является основой топливно-энергетического комплекса (ТЭК) Российской Федерации.

В статье приведены требования, предъявляемые к датчикам, применяемым на нефтедобывающих скважинах для их эффективной интеграции с автоматизированной системой управления. Рассмотрены проводные и беспроводные датчики давления и расхода, применяемые на нефтегазодобывающих скважинах. Приведены их зарубежные аналоги. Выявлен отечественный лидер беспроводных решений на нефтегазодобывающих скважинах – ООО «Объединение БИНАР» г. Саров Нижегородской области.

В настоящее время беспроводные автономные датчики не могут конкурировать по цене с проводными. Возможно, в результате дальнейшего совершенствования их применение станет более доступным и экономически целесообразным.

Рассмотрен вариант беспроводного решения передачи информации с датчиков на кустах нефтегазодобывающих скважин с применением узла беспроводной передачи данных. Данное решение реализовано в ПАО «Удмуртнефть» имени В. И. Кудинова и апробировано на одиночных нагнетательных и добывающих скважинах. Предложены варианты аналогов отечественного производства.

Решение задач импортозамещения измерительной техники в Российской Федерации продолжается согласно Программе, разработанной Министерством промышленности и торговли РФ с 2018 до 2025 года. Ее выполнение необходимо для обеспечения экономической безопасности страны.

Ключевые слова: датчик, нефтегазодобыча, цифровое месторождение, цифровые технологии, автоматизированная система управления технологическим процессом, автономные датчики, беспроводная передача данных, импортозамещение.

Введение

Предлагаемая вашему вниманию статья рассматривает задачу формулирования требований и формирования исходного множества датчиков, необходимых для автоматизации цифровой нефтедобывающей скважины в качестве исходного уровня, обеспечивающего возможность их подключения к автоматизированной системе управления технологическими процессами. Особое внимание уделено беспроводной передаче данных и решению задачи импортозамещения. Под цифровой скважиной в данном случае будем понимать так называемую умную скважину, при создании которой применяются такие современные технологии, как искусственный интеллект, большие данные (Big Data), облачные технологии (Cloud Storage), виртуальная и дополненная реальность и т. д.

Представленные задачи являются в настоящий момент очень актуальными для Российской

Федерации, поскольку нефтегазодобывающая промышленность, являясь основой топливно-энергетического комплекса (ТЭК) Российской Федерации, в значительной степени формирует бюджет страны (в разные периоды определяемая ею доля составляла от 36 до 51 %) [1, 2].

Принципиальная структурная схема типовой автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) в нефтегазодобывающей промышленности согласно [3] показана на рис. 1.

Датчики и исполнительные механизмы представляют собой нулевой уровень системы. В настоящее время применяемые датчики могут передавать информацию как проводным, так и беспроводным способом с применением шлюза [4]. Рассмотрим конкретные требования, предъявляемые АСУ ТП к датчикам в нефтегазодобывающей отрасли.

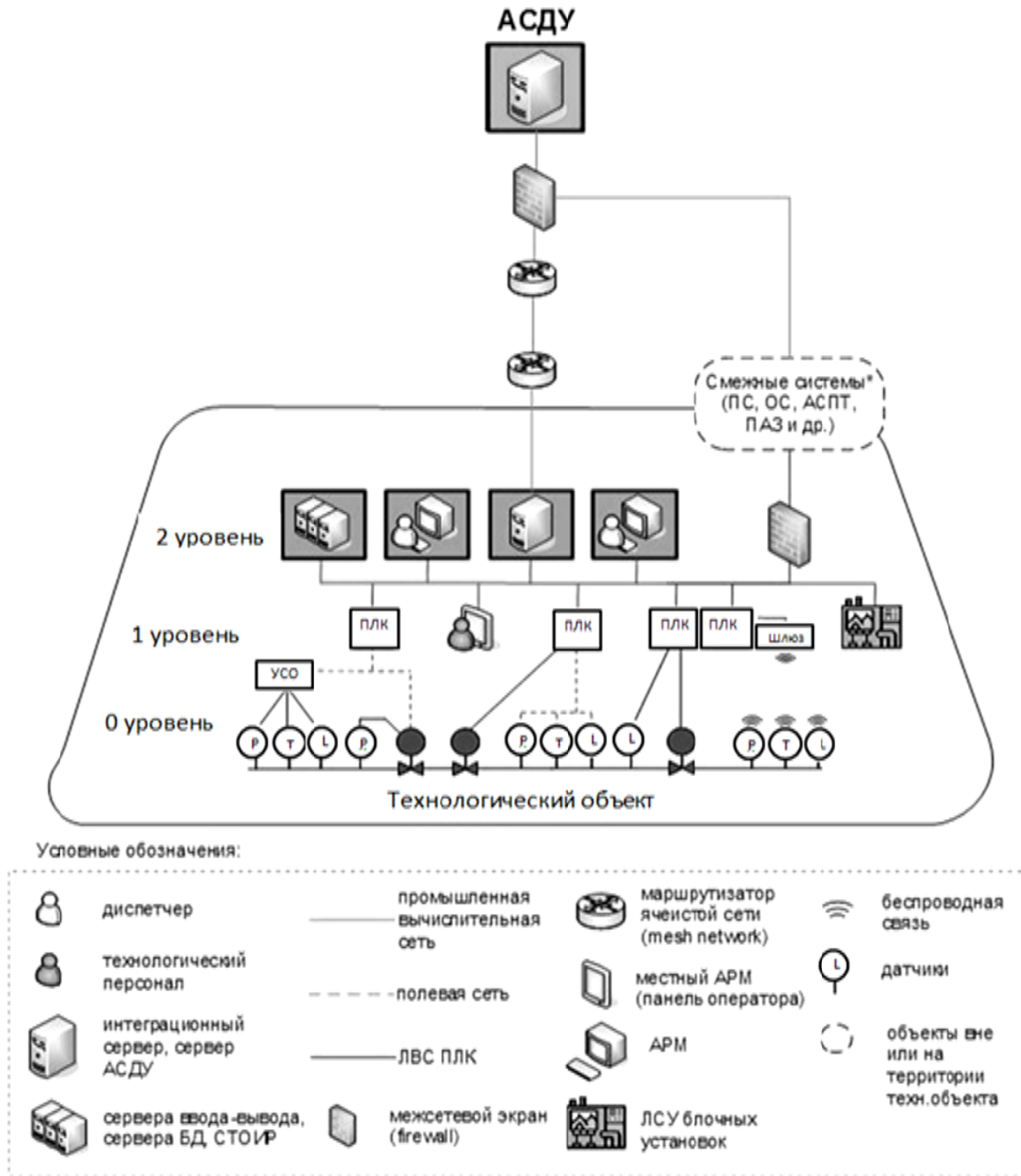


Рис. 1. Структурная схема АСУ ТП в нефтегазодобыче

Fig. 1. Structural diagram of APCS in oil and gas production

Требования к датчикам в автоматизированной системе управления технологическими процессами

Схема автоматизации типовой нефтедобывающей скважины на примере куста 51 Чутырско-Киенгопского газонефтяного месторождения ПАО «Удмуртнефть» имени В. И. Кудино-

ва, оснащенной штангово-глубинным насосом (ШГН), показана на рис. 2. Устье скважины, на котором устанавливаются датчики давления, является взрывоопасной зоной, соответственно, датчик должен применяться во взрывозащищенном исполнении.

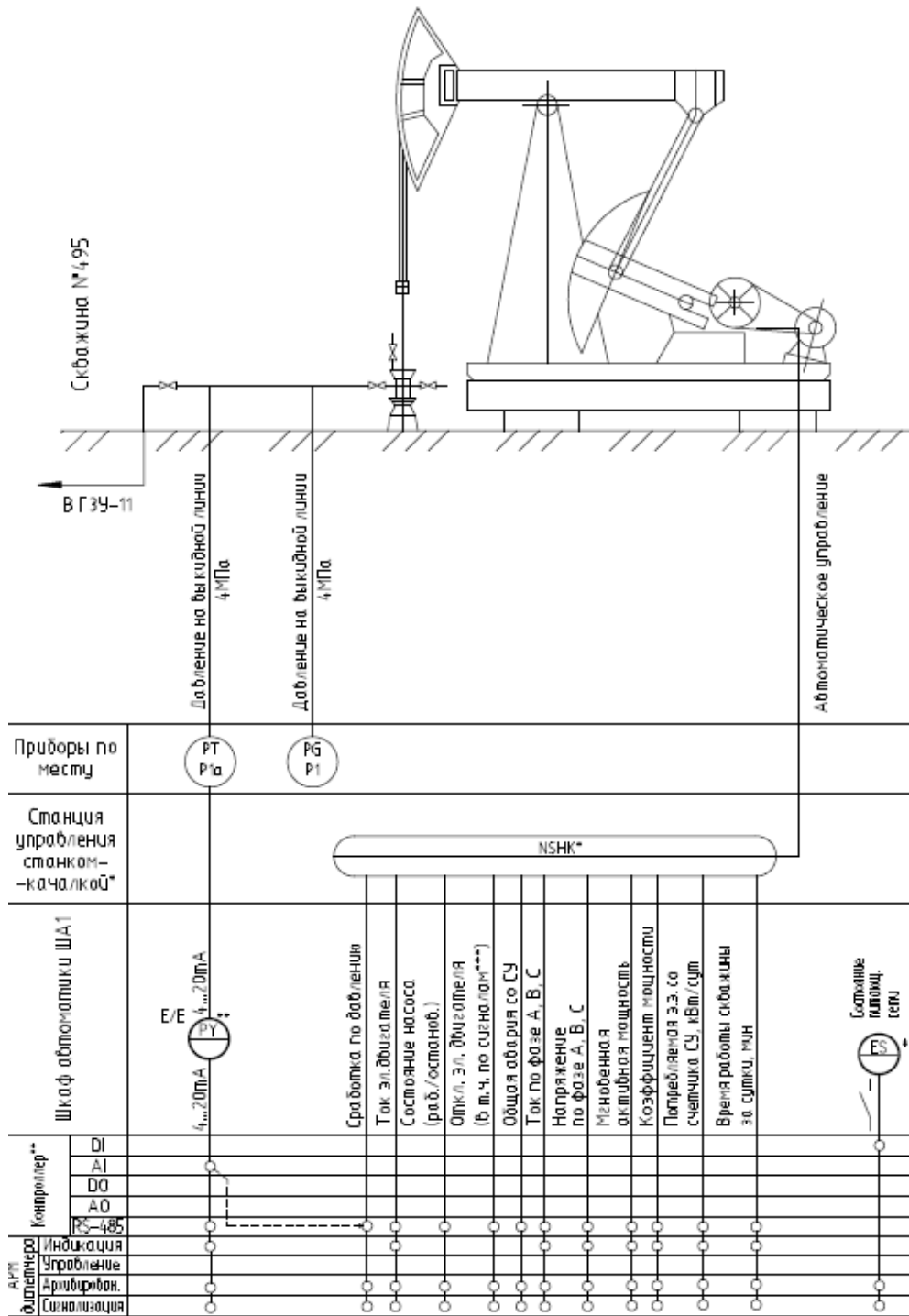


Рис. 2. Схема автоматизации типовой добывающей скважины (на примере куста Чутырско-Киенгопского газонефтяного месторождения ПАО «Удмуртнефть» имени В.И. Кудинова)

Fig. 2. Scheme of automation of a typical production well (on the example of a pad of the Chutyrsko-Kiengop gas-oil field of PJSC "Udmurtneft" named after V.I. Kudinov)

Основные требования, предъявляемые к датчикам на скважинах для их эффективной интеграции с АСУ ТП нефтегазодобычи на основе опыта реализации, сведем в отдельную таблицу (табл. 1).

На цифровых нефтедобывающих скважинах, в отличие от типовых, устанавливается дополнительный датчик давления, измеряющий давление в затрубном пространстве.

Таблица 1. Основные требования, предъявляемые к датчикам на скважинах

Table 1. Basic requirements for sensors in wells

№ пункта	Наименование требования	Параметр	Примечание
1	Установленный срок безопасной эксплуатации технических средств	Не менее 10 лет	Согласно Федеральному закону от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
2	Размещение во взрывоопасных зонах	Во взрывозащищенном исполнении. Уровень взрывозащиты см. примечание	Уровень взрывозащиты по ГОСТ 30852.0 и ГОСТ 30852.13
3	Степень защиты оборудования, устанавливаемого вне помещения, – внутри помещений	Не ниже IP65 не ниже IP20	По ГОСТ 14254
4	Оборудование должно иметь сертификаты Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии об их признании в качестве СИ и о занесении в Государственный реестр СИ		
5	Датчики давления	Приведенная погрешность не менее $\pm 0,5\%$	
6	Датчики расхода (технологические)	Относительная погрешность не менее $\pm 1,0\%$	
7	Следует использовать датчики, обладающие встроенными средствами диагностики и передающие результаты внутренних диагностических тестов в систему управления по цифровым протоколам (например, HART, Wireless HART, Modbus, Profibus или Foundation Fieldbus)		
8	В случаях экономической нецелесообразности подведения кабельных линий связи к датчикам допускается использование беспроводных датчиков. Использование модуля питания с длительным сроком службы. Использование искробезопасного модуля питания. Возможность диагностики модуля питания	Не менее 1 года при частоте измерения и передачи информации не реже одного раза в 10 секунд	При расположении беспроводного прибора во взрывоопасной зоне

Проводные датчики

Самым распространенным решением по автоматизации нефтегазодобывающей скважины является применение проводного датчика давления.

Сравним технические характеристики некоторых отечественных аналогов и иностранных производителей [5–10] (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что датчик давления ПД-100И-1х5 (Овен) имеет в качестве взрывозащиты только взрывонепроницаемую оболочку. Соответственно, самую высокую точность измерений и самый большой срок службы имеет дат-

чик серии EJA-E производства Yokogawa Electric Corporation (Япония).

Стоит отметить, что самым бюджетным из представленных датчиков и оптимальным по характеристикам представляется датчик давления Метран-55 отечественного производства (г. Челябинск), который по состоянию на 1 июля 2022 года стоил порядка 20 тыс. рублей. Следующим за ним можно расположить датчик АИР-10Н производства компании ЭЛЕМЕР (г. Пермь). Необходимо отметить, что компании Applisens и Yokogawa Electric Corporation ушли с российского рынка в 2022 году.

Таблица 2. Сравнение характеристик проводных датчиков давления

Table 2. Comparison of characteristics of wired pressure sensors

Параметр	Некоторые отечественные производители				Иностранные производители аналогов	
	ООО НПП «ЭЛЕМЕР» (г. Зеленоград)	Овен (г. Москва)	Метран (г. Челябинск)	ФГУП «ВНИИА», (г. Москва)	Aplisens (Польша)	Yokogawa (Япония)
Компания	ООО НПП «ЭЛЕМЕР» (г. Зеленоград)	Овен (г. Москва)	Метран (г. Челябинск)	ФГУП «ВНИИА», (г. Москва)	Aplisens (Польша)	Yokogawa (Япония)
Модель датчика	АИР-10Н	ПД-100И-1х5	Метран-55	ТЖИУ406	РС-28	Серия ЕА-Е (многопараметрический: давление, расход уровень, плотность)
Выходной сигнал	4...20 мА + HART	4...20 мА	4...20 мА	4...20 мА + HART	4...20 мА/0..10В/Modbus RTU	4...20 мА +HART
Предел допускаемой приведенной погрешности, %	До ± 0,1	До ± 0,5	До ± 0,15	До ± 0,5	До ± 0,2	От ± 0,04
Температура окружающей среды, °С	-60...+70	-40...+80	-40...70	-60 до +80	-60...+85	-60...+85
Вид взрывозащиты	Искробезопасная цепь; взрывонепроницаемая оболочка	Взрывонепроницаемая оболочка	Искробезопасная цепь; взрывонепроницаемая оболочка	Искробезопасная цепь; взрывонепроницаемая оболочка	Искробезопасная цепь; взрывонепроницаемая оболочка	Искробезопасная цепь; взрывонепроницаемая оболочка
Пылевлагозащита	IP65 и IP67	IP65	Метран-55	IP65/IP66/IP67	IP65/IP66/IP67 /IP68	IP67
Средний срок службы, лет	12	12	12	16	12	20

Далее рассмотрим характеристики проводных датчиков расхода, устанавливаемых на нагнетательных скважинах (табл. 3) [11, 12].

Из анализа данных табл. 3 следует, что существует достаточное количество отечественных производителей, выпускающих подходя-

щие по характеристикам датчики расхода для нагнетательных скважин. Это позволяет сделать вывод о возможности замены датчиков зарубежных производителей отечественными аналогами.

Таблица 3. Сравнение характеристик проводных датчиков расхода

Table 3. Comparison of characteristics of wired sensors

Параметр	Некоторые отечественные производители			Зарубежные производители аналогов	
	Метран (г. Челябинск)	Эмис (г. Пермь)	ООО «Глобус» (г. Белгород)	Aplisens (Польша)	Yokogawa Electric Corporation (Япония)
Компания	Метран (г. Челябинск)	Эмис (г. Пермь)	ООО «Глобус» (г. Белгород)	Aplisens (Польша)	Yokogawa Electric Corporation (Япония)
Модель датчика	Метран-305	ЭМИС-ВИХРЬ 200	ИРГА-РВ	РЕМ-1000	ADMAG AXR
Выходные сигналы	– Пассивный импульсный типа «замкнуто/разомкнуто» – оптопара; – токовый 4-20 мА с HART-протоколом; – цифровой на базе ModBus RTU/RS485; – 3-строчный ЖКИ	Импульсный; Modbus	Токовый; частотно-импульсный; HART	Токовый; Modbus RTU / RS 485	Токовый, HART

Окончание табл. 3

Параметр	Некоторые отечественные производители			Зарубежные производители аналогов	
	Взрывозащита	Взрывонепроницаемая оболочка	Искробезопасная цепь; взрывонепроницаемая оболочка	Искробезопасная цепь	–
Пылевлагозащита	IP65	IP65	IP65	IP67/IP68	IP67
Температура окружающего воздуха, °С	– 40 до 70	–40 до 70	–55 до 80	–20 до 60	– 40 до 55
Погрешность, %	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5
ЖК-экран	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть

Беспроводные датчики на кустах нефтегазодобывающих скважин

Беспроводные технологии применяются в промышленности уже более тридцати пяти лет. В нефтегазодобывающей промышленности на объектах, обладающих высокой автономностью, где важнейшее значение имеют энерго-

эффективность оборудования и стабильность передачи данных, применение данных технологий является наиболее актуальным [13, 14].

Рассмотрим подробнее характеристики беспроводных датчиков давления (табл. 4) и расхода (табл. 5), применяемых на нефтегазодобывающих кустах скважин [15, 16].

Таблица 4. Сравнение характеристик беспроводных датчиков давления

Table 4. Comparison of characteristics of wireless pressure sensors

Параметр	Отечественный производитель	Аналоги зарубежные			
		Компания	ООО «Объединение БИНАР» (г. Саров)	Emerson (США)	HONEYWELL (США)
Модель датчика	ВН1225.600	Rosemount 3051S	XYR6000 Pressure	TBUAGP	серии EJX В
Выходной сигнал	Протокол связи: проприетарный	Беспроводной протокол WirelessHART	Протокол ISA100	24-битное преобразование из аналогового в цифровой сигнал	Протокол ISA100.11a
Температура окружающего воздуха, °С	– 50 до +50	– 51 до 85	–40 до 85	–40 до 85	– 40 до 60
Шлюз, частота	868,0 МГц	Беспроводной шлюз 1420	2,4 ГГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц
Предел допускаемой приведенной погрешности, %	0,1; 0,25; 0,45	До ± 0,055	До 0,5	0,5	± 0,2
Вид взрывозащиты	Искробезопасная цепь	Искробезопасная цепь; взрывонепроницаемая оболочка	Искробезопасная цепь	Искробезопасная цепь; взрывонепроницаемая оболочка	Искробезопасная цепь
ЖК-панель	На выносном пульте	Есть/выносная	Есть	Есть	Есть
Электропитание	Встроенная батарея	Встроенная батарея	Встроенная батарея	Встроенная батарея	Встроенная батарея/внешний источник питания
Пылевлагозащита	IP66	IP66, IP68	IP66	IP67	IP66/67
Срок службы не менее, лет	10	10	10	10	20

Таблица 5. Сравнение характеристик беспроводных датчиков расхода

Table 5. Comparison of characteristics of wireless flow sensors

Параметр	Зарубежный аналог
Компания	Emerson (США)
Модель датчика	3051SFA
Выходной сигнал	Протокол WirelessHART
Температура окружающего воздуха, °С	-40 до 85
Предел допускаемой приведенной погрешности, %	± 0,8
Вид взрывозащиты	Искробезопасная цепь; взрывонепроницаемая оболочка
Шлюз, частота, ГГц	2,4 ГГц
Электропитание	Встроенная батарея
Пылевлагозащита	IP 66, IP 68
Срок службы, лет	10

Из табл. 4 и 5, соответственно, наглядно видно, что отечественное производство беспровод-

ных датчиков давления и расхода для нефтегазодобывающих скважин в настоящий момент развито слабо.

Тем не менее существуют технические решения, позволяющие обеспечить беспроводную передачу данных, в том числе и в данном направлении. В частности, возможно установить в непосредственной близости от скважин узел беспроводной передачи данных. Он представляет собой шкаф автоматики без контроллера и является сборщиком и передатчиком информации, который собирает по кабельной линии сигналы с любых проводных датчиков и передает их по радиоканалу 433 МГц / 686 МГц/2,4 ГГц на соответствующий приемник. Дальность передачи составляет до 2 км.

Данное решение применено в ПАО «Удмуртнефть» имени В. И. Кудинова (рис. 3) для одиночных нагнетательных и добывающих скважин. Это решение реализовано на модулях DX80 производства зарубежной фирмы «Турк» (Германия).



Рис. 3. Узел беспроводной передачи данных на нефтяном месторождении ПАО «Удмуртнефть» имени В. И. Кудинова

Fig. 3. Wireless data transmission node at the oil field of PJSC Udmurtneft named after V.I. Kudinov

В настоящее время в рамках решения задач импортозамещения аналогичные решения предлагают отечественные производители, в частности такие, как ООО «Объединение БИНАР» (г. Саров), Эл-Скада (г. Пермь) и другие.

Согласно исследованиям [18] ранжированный перечень лидеров производителей автономных беспроводных датчиков выглядит следующим образом: Emerson, Honeywell, Schneider Electric, Yokogawa, Siemens, Объединение БИНАР, Endress+Hauser.

В связи с введением санкций 2022 года практически все зарубежные компании ушли с российского рынка. Таким образом, ООО «Объединение БИНАР» (г. Саров) является в России ли-

дером производителей автономных датчиков и аналогом вышеперечисленных компаний при импортозамещении.

Министерством промышленности и торговли РФ разработана Программа импортозамещения измерительной техники на 2018–2020 годы и на период до 2025 года. В ней указано планирование приборостроительными предприятиями России выпуска средств измерений, заменяющих импортные аналоги, в частности измерение расхода, потока, уровня, объема веществ на 2022 год – 4 единицы, на 2023 год – 1. Всего с 2018 до 2025 год планируется выпуск 57 единиц. Радиотехнических средств измерений и радиоэлектронных изделий планируется выпустить 82 единицы.

В программу по импортозамещению вошли предложения, в том числе от АО «ПГ «Метран», г. Челябинск, ООО НПП «ТИК», г. Пермь, ООО «Аргоси Аналитика», г. Москва, ЗАО «Промсервис», г. Дмитровград, Ульяновская область, Группа компаний «ЭлМетро», г. Челябинск, АО «ГМС Нефтемаш», г. Тюмень, ООО НПП «ГКС», г. Казань, ООО «НПО «Турбулентность-ДОН», г. Ростов-на-Дону и ряда других отечественных производителей.

Заключение

В настоящее время практически весь спектр измерительных устройств, применяемых на нефтедобывающих скважинах, характеризуется наличием отечественных аналогов, обеспечивающих автоматизацию скважин и интеграцию в АСУ ТП нефтегазодобычи.

Отечественным вариантом датчика давления, используемого на нефтегазодобывающей скважине, является датчик давления Метран 55 производства АО ПГ «Метран» (г. Челябинск). Более «продвинутым» проводным датчиком давления, является датчик АИР-10 компании ЭЛЕМЕР (г. Пермь), имеющий HART-протокол, с помощью которого можно контролировать текущее состояние датчика. Датчики Метран 55 и АИР-10 могут применяться как на объектах с минимальным классом автоматизации, так и на цифровых нефтегазодобывающих скважинах.

В связи с тем, что зарубежные производители беспроводных датчиков давления и расхода в нефтегазодобыче, в связи с введенными санкциями, ушли с российского рынка, лидером беспроводных решений в России является ООО «Объединение БИНАР». В ближайшее время ряд производителей планируют выход на внутренний рынок с образцами соответствующей продукции.

В настоящее время беспроводные датчики не могут напрямую конкурировать по экономическим соображениям с проводными аналогами. Однако для таких ситуаций, когда, например, время установки является критичным параметром (в частности, после аварии), на труднодоступной местности они являются зачастую лучшим решением. Дальнейшее их развитие и совершенствование, вероятно, позволит им конкурировать с проводными образцами, и их применение станет более доступным и экономически целесообразным.

Паллиативным вариантом беспроводного решения на кустах нефтегазодобывающих скважин может быть применение узла беспроводной передачи данных, который, при установке в непосредственной близости от скважин,

обеспечивает сбор информации от датчиков посредством кабельной линии и передачу данных по беспроводному каналу до приемника сигналов. Дальность связи может составлять от 200 м до 2 км в зависимости от характеристик оборудования.

Решение задач импортозамещения образцов измерительной техники в России происходит согласно Программе импортозамещения измерительной техники на 2018–2020 годы и на период до 2025 года, разработанной Министерством промышленности и торговли РФ и достаточно успешно реализуемой в условиях введенных санкций для обеспечения технологического суверенитета и экономической безопасности Российской Федерации.

Библиографические ссылки

1. Система автоматического регулирования режимов газовых и газоконденсатных скважин – элемент концепции интеллектуального промысла / Д. Н. Трушников [и др.] // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2019. № 10. С. 5–11.
2. Авилова В. В., Ульмаскулов Т. Ф. Перспективы применения технологии «Индустрия 4.0» в российской промышленности // Базис. 2018. № 1 (3). С. 13–18.
3. Стандарт компании ПАО «НК «Роснефть» № ПЗ–04 Р–0389 версия 3.0. Автоматизированные системы управления технологическими процессами нефтегазодобычи. Требования к функциональным характеристикам. М.: ПАО «НК «Роснефть», 2019. С. 138.
4. Мухаметдинова С. Г., Коришинов А. И., Вахрушева Н. О. Направления совершенствования АСУ ТП в нефтегазодобывающей отрасли // Интеллектуальные системы в производстве. 2021. Т. 19, № 3. С. 25–34.
5. Элемер. Датчики давления. URL: <https://www.elemer.ru/catalog/datchiki-davleniya-i-manometry/datchiki-davleniya> (дата обращения: 07.07.22).
6. Yokogawa. Беспроводные контрольно-измерительные приборы. URL: http://yoko.kip-postavka.ru/GS/Wireless_ISA100ru.pdf, свободный (дата обращения: 09.02.21).
7. Овен. Преобразователи давления. URL: https://owen.ru/catalog/datchiki_preobrazovateli_davleniya (дата обращения: 07.07.22)/
8. Метран. Измерительное оборудование. URL: <https://www.emerson.com/ru-ru/automation/measurement-instrumentation> (дата обращения: 07.07.22)
9. ФГУП «ВНИИА». Датчики давления. URL: <https://all-pribors.ru/companies/fgup-vniia-g-moskva-110/groups/datchiki-davleniya-65> (дата обращения: 07.07.22).
10. Aplisens. Преобразователи давления измерительного типа PC-28. URL: <https://www.aplisens.ru/catalog/pressure/PC-28/>. (дата обращения: 07.07.22).

11. Эмис. Датчики давления. URL: <https://emis-kip.ru/ru/prod/davlenie/>. (дата обращения: 07.07.22).

12. ООО «Глобус». Приборы учета. URL: <https://irga.ru/product/>. (дата обращения: 07.07.22).

13. Мухаметдинова С. Г., Хмелинин К. С., Трефилов А. С. Применение технологии широкополосного высокоскоростного радиодоступа (ШПД) на месторождениях ПАО «Удмуртнефть» им. В. И. Кудинова // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2019. №8. С. 5–9.

14. Мухаметдинова С. Г., Кориунов А. И., Вахрушева Н. О. Использование беспроводных каналов связи для решения задач автоматизации на месторождениях ПАО «Удмуртнефть» им. В. И. Кудинова // Нефтяное хозяйство. 2020. № 11. С. 120–122.

15. Emerson Process Management. Краткий каталог технологий, продуктов и услуг. URL: [http://www.e-trd.ru/userfiles/File/files/94_Kratkij_katalog_produkto_v_tehnologij_i_uslug_\(ru\).pdf](http://www.e-trd.ru/userfiles/File/files/94_Kratkij_katalog_produkto_v_tehnologij_i_uslug_(ru).pdf), свободный (дата обращения: 09.02.22).

16. Бинар. Сенсорный модуль измерения давления. URL: http://www.binar.ru/?page_id=231. (дата обращения: 07.07.22).

17. Мухаметдинова С. Г., Кориунов А. И., Вахрушева Н. О. Использование технологий радиодоступа WiMAX и WiFi на месторождениях ПАО «Удмуртнефть» им. В. И. Кудинова // Нефть. Газ. Новации. 2021. № 12. С. 64–68.

18. Мамонова Т. Е., Громаков Е. И. Применение автономных датчиков для автоматизации нефтегазодобычи // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332, № 8. С. 187–196.

19. Программа импортозамещения измерительной техники на 2018–2020 годы и на период до 2025 года. Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. Федеральное Агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). Москва. 2019. С. 218.

References

1. Trushnikov D.N. [i dr.] [The automatic control system for gas and gas condensate wells is an element of the concept of intelligent production]. *Avtomatizaciya, telemekhanizaciya i svyaz' v neftyanoj promyshlennosti*. 2019. No. 10. Pp. 5-11 (in Russ.).

2. Avilova V.V., Ul'maskulov T.F. [Prospects for the application of Industry 4.0 technology in Russian industry]. *Bazis*. 2018. No. 1. Pp. 13-18 (in Russ.).

3. *Standart kompanii PAO «NK «Rosneft'» № P3–04 R–0389 versiya 3.0. Avtomatizirovannye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi processami neftegazodobychi. Trebovaniya k funkcional'nyh harakteristikam* [Standard of Rosneft Oil Company PJSC No. P3-04 R-0389 version 3.0. Automated control systems for technological processes in oil and gas production. performance requirements]. Moscow: PAO «NK «Rosneft'», 2019. P. 138 (in Russ.).

4. Muhametdinova S.G., Korshunov A.I., Vahrusheva N.O. [Directions for improving automated process con-

trol systems in the oil and gas industry]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2021. Vol. 19, no. 3. Pp. 25-34 (in Russ.).

5. *Elemer. Datchiki davleniya* [Elemer. Pressure Sensors]. Available at: <https://www.elemer.ru/catalog/datchiki-davleniya-i-manometry/datchiki-davleniya> (accessed: 07.07.22) (in Russ.).

6. *Yokogawa. Besprovodnye kontrol'no-izmeritel'nye pribory* [Yokogawa. Wireless test instruments]. Available at: http://yoko.kip-postavka.ru/GS/Wireless_ISA100ru.pdf, svobodnyj (accessed: 09.02.21) (in Russ.).

7. *Oven. Preobrazovateli davleniya*. [Aries. Pressure transmitters]. Available at: https://owen.ru/catalog/datchiki_preobrazovateli_davleniya (accessed: 07.07.22) (in Russ.).

8. *Metran. Izmeritel'noe oborudovanie* [Metran. Measuring equipment]. Available at: <https://www.emerson.com/ru-ru/automation/measurement-instrumentation> (accessed: 07.07.22) (in Russ.).

9. *FGUP "VNIA". Datchiki davleniya* [FSUE VNIA. Pressure Sensors]. Available at: <https://all-pribors.ru/companies/fgup-vniia-g-moskva-110/groups/datchiki-davleniya-65> (accessed: 07.07.22) (in Russ.).

10. *Aplisens. Preobrazovateli davleniya izmeritel'nye tipa PC-28*. [Aplisens. Pressure transducers type PC-28]. Available at: <https://www.aplisens.ru/catalog/pressure/PC-28> (accessed 07.07.22) (in Russ.).

11. *Emis. Datchiki davleniya* [Amis. Pressure Sensors]. Available at: <https://emis-kip.ru/ru/prod/davlenie> (accessed: 07.07.22) (in Russ.).

12. *ООО «Globus». Pribory ucheta* [ООО "Globus" Metering devices]. Available at: <https://irga.ru/product> (accessed: 07.07.22) (in Russ.).

13. Muhametdinova S.G., Hmelinin K.S., Trefilov A.S. [Application of broadband high-speed radio access (BBA) technology at the fields of PJSC "Udmurtneft" named after. V. I. Kudinova]. *Avtomatizaciya, telemekhanizaciya i svyaz' v neftyanoj promyshlennosti*. 2019. No. 8. Pp. 5-9 (in Russ.).

14. Muhametdinova S.G., Korshunov A.I., Vahrusheva N.O. [The use of wireless communication channels to solve automation problems at the fields of PJSC "Udmurtneft" named after. V. I. Kudinova]. *Neftyanoe hozyajstvo*. 2020. No. 11. Pp. 120-122 (in Russ.).

15. *Emerson Process Management. Kratkij katalog tekhnologij, produktov i uslug* [Emerson Process Management. Brief catalog of technologies, products and services]. Available at: [http://www.e-trd.ru/userfiles/File/files/94_Kratkij_katalog_produkto_v_tehnologij_i_uslug_\(ru\).pdf](http://www.e-trd.ru/userfiles/File/files/94_Kratkij_katalog_produkto_v_tehnologij_i_uslug_(ru).pdf), svobodnyj (accessed: 09.02.22) (in Russ.).

16. *Binar. Sensornyj modul' izmereniya davleniya*. [Binar. Pressure sensor module]. Available at: http://www.binar.ru/?page_id=231 (accessed: 07.07.22).

17. Muhametdinova S.G., Korshunov A.I., Vahrusheva N.O. [Use of WiMAX and WiFi radio access technologies at the fields of PJSC "Udmurtneft" named after. V. I. Kudinova]. *Neft'.Gaz.Novacii*. 2021. No. 12. Pp. 64-68 (in Russ.).

18. Mamonova T.E., Gromakov E.I. [The use of autonomous sensors for automation of oil and gas production]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2021. Vol. 332, no. 8. Pp. 187-196 (in Russ.).

19. Programma importozameshcheniya izmeritel'noj tekhniki na 2018-2020 gody i na period do 2025 goda. Ministerstvo Promyshlennosti i Torgovli Rossijskoj Federacii. Federal'noe Agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii (Rosstandart). Moscow, 2019. P.218 (in Russ.).

Sensor Selection for Oil and Gas Production Wells in the Light of Import Substitution

S. G. Mukhametdinova, Postgraduate, Federal Research Center of The Ural Branch of The Russian Academy of Sciences; Izhevsk Oil Research Center, Izhevsk, Russia

A. I. Korshunov, Dr.Sc. in Engineering, Professor, Federal Research Center of The Ural branch of The Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia

N. O. Vakhrusheva, PhD in Engineering, Izhevsk Oil Research Center, Izhevsk, Russia

The article deals with problems of selection and import substitution of sensors used to automate oil and gas wells. Sensors represent the zero level in an automated process control system (APCS).

This task is currently quite relevant in the oil and gas industry of Russia. The oil and gas industry forms the bulk of the country's budget and is the basis of the fuel and energy complex (FEC) of the Russian Federation.

The article presents the requirements for sensors used in oil wells for their effective integration with an automated control system. Wired and wireless pressure and flow sensors used in oil and gas wells are considered. Their foreign analogues are given. A domestic leader in wireless solutions for oil and gas wells has been identified – Association BINAR LLC, Sarov, Nizhny Novgorod Region.

Currently, wireless standalone sensors cannot compete on price with wired ones. Perhaps, as a result of further improvement, their use will become more accessible and economically feasible.

A variant of a wireless solution for transmitting information from sensors on clusters of oil and gas wells using a wireless data transmission node is considered. This solution was implemented in PJSC Udmurtneft named after V.I. Kudinov and tested on single injection and production wells. Variants of analogues of domestic production are proposed.

Import substitution solutions for measuring equipment in the Russian Federation continues in accordance with the Program developed by the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation from 2018 to 2025. Its implementation is necessary to ensure the economic security of the country.

Keywords: sensor; oil and gas production; digital field; digital technologies; automated process control system; autonomous sensors; wireless data transmission; import substitution.

Получено: 28.10.22

Образец цитирования

Мухаметдинова С. Г., Коршунов А. И., Вахрушев Н. О. Выбор датчиков на нефтегазодобывающих скважинах с учетом импортозамещения // Интеллектуальные системы в производстве. 2022. Том 20, № 4. С. 80–89. DOI: 10.22213/2410-9304-2022-4-80-89.

For Citation

Mukhametdinova S.G., Korshunov A.I., Vakhrushev N.O. [The choice of sensors at oil and gas wells, taking into account import substitution]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2022. Vol. 20, no. 4, pp. 80-89 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2022-4-80-89.