

УДК 681.3:004

КОНТРОЛЬ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН КАК ОСНОВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

PRODUCING WELLS CONTROL AS THE BASIS OF INTELLECTUAL OIL FIELD

А. М. Сагдатуллин

A. M. Sagdatullin

Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск

*Ключевые слова: интеллектуальное месторождение; добывающая скважина;
транспорт и подготовка нефти; система управления*

Key words: intellectual oil field; producing oil well; transportation and treatment; control system

С каждым десятилетием увеличивается число месторождений с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов, снижается число легкодобываемых природных ресурсов, растут затраты на их извлечение, поэтому все большее распространение получают механизированные способы добычи нефти — штанговые глубинные насосные установки (ШГНУ) и установки электроцентробежных погружных насосов (УЭЦН), на которые уже сейчас приходится более 95 % всей добываемой нефти [1, 2, 3]. Однако большинство скважин работают в постоянном режиме и не контролируются, что приводит к снижению их межремонтного периода эксплуатации и непроизводительным затратам. Следовательно, актуальной задачей для нефтегазодобывающей промышленности является контроль и автоматизация добывающих скважин с механизированным насосным способом эксплуатации. Многие зарубежные и российские нефтегазовые компании обратили внимание на то, что оперативный контроль параметров и автома-

тизация работы скважин, то есть их «интеллектуализация», позволяет улучшить технико-экономические показатели и эффективность извлечения нефти. А термин «интеллектуальная скважина (ИС)» (Smartwell или Intelligentwell) в последнее время стал довольно распространенным, что связано с быстрым развитием полупроводниковой техники и стремлением нефтегазовых компаний к повышению энергоэффективности и рентабельности добычи нефти [4, 5, 6]. Однако существуют различные уровни интеллектуальности, что приводит к различной трактовке понятия ИС. В статье В. В. Кульчицкий — профессор, д. т. н., академик РАЕН РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина приводит следующее понятие [4]: ИС представляет собой информационный канал связи с забойной системой каротажа околоскважинного пространства и блоками датчиков в совокупности с вычислительной системой, связанной с базами данных и знаний, и забойным устройством управления, регулирующим поток жидкости в процессе эксплуатации. Приводятся пять принципов интеллектуальных скважин [4]:

- непосредственная связь ИС с внешним миром с использованием информационных каналов связи для извлечения знаний и организации целесообразного поведения;
- открытость ИС за счет наличия самонастройки, самоорганизации и самообучения;
- возможность прогнозирования ИС изменений внешней среды и собственного поведения;
- наличие у ИС структуры построения сложных интеллектуальных систем управления в случае, когда неточность знаний о модели объекта управления (скважина, околоскважинное пространство, продуктивный пласт) или о его поведении может быть скомпенсирована за счет повышения интеллектуальности ИС или соответствующих алгоритмов управления;
- сохранение автономного функционирования при разрыве связей или потере управляющих воздействий от вышестоящих уровней иерархии ИС.

Следовательно, обобщив данные принципы, можно сказать, что интеллектуальная скважина — это скважина, включающая в себя систему датчиков подземного и наземного оборудования, регулирующие клапаны, систему управления с возможностью самонастройки, прогнозирования, самоорганизации и обмена информацией с гидродинамической (технологической) моделью для адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации, способная к самообучению и самостоятельному принятию решений в случае отсутствия связи с общей базой данных или появления непредвиденных обстоятельств.

Система моделирования и автоматического контроля режимов добывающих скважин на основе контроллера SAM Well Manager. С целью телемеханизации и автоматизации добывающих скважин на базе Альметьевского государственного нефтяного института была разработана и установлена система моделирования автоматического контроля режимов работы штанговой глубинной насосной установки, представленная на рис. 1.



Рис. 1. Система моделирования автоматического контроля режимов работы добывающих скважин

Данная система основана на контроллере Lufkin Automation SAM Well Manager, который в реальном времени по радиоканалу передает всю информацию о состоянии эксплуатации скважины (рис. 2) и представляет собой основу интеллектуального месторождения.



Рис. 2. Контроллер, управляющий режимами работы добывающих скважин

Оснащение скважин данными системами особенно актуально в связи с тем, что большинство скважин рассредоточено по территории месторождения и находится на значительном удалении от центра оперативного мониторинга их работы, также исключается необходимость периодической остановки скважин для их исследования [5, 7, 8]. Всестороннее исследование параметров работы всех скважин позволяет выявить геологические особенности нефтеносного пласта, что позволяет принимать своевременные решения по геолого-технологическим мероприятиям, поддержанию давления в пласте и корректировать гидродинамические данные [9, 10, 11].

Анализ работы системы моделирования и автоматического контроля режимов добывающих скважин. Для анализа данной системы рассмотрим работу УШГН со следующими параметрами: асинхронный электродвигатель мощностью 17,5 кВт, 900 об/мин, 400 В приводит в работу насос (2,9 качаний в минуту), глубина установки которого равна 1181 м, среднесуточный дебитом 5 м³/с (рис. 3), длиной хода плунжера 3,6 м.

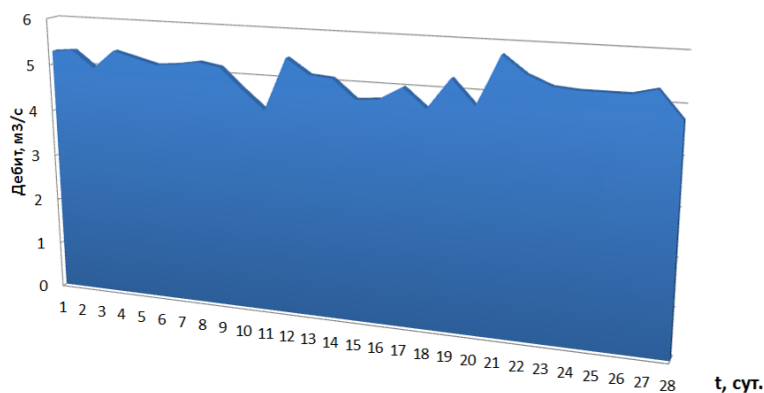


Рис. 3. Среднесуточный дебит исследуемой скважины

На рис. 4 представлена разработанная система, обеспечивающая автоматизацию и телемеханизацию рассматриваемой скважины на месторождении, а также связь контроллеров с общей базой данных и верхним уровнем управления, где РОС — полевой контроллер нижнего уровня, XSPOC — программное обеспечение, которое позволяет отслеживать, контролировать и анализировать нефтепромысловые скважины и объекты [10, 11, 12].

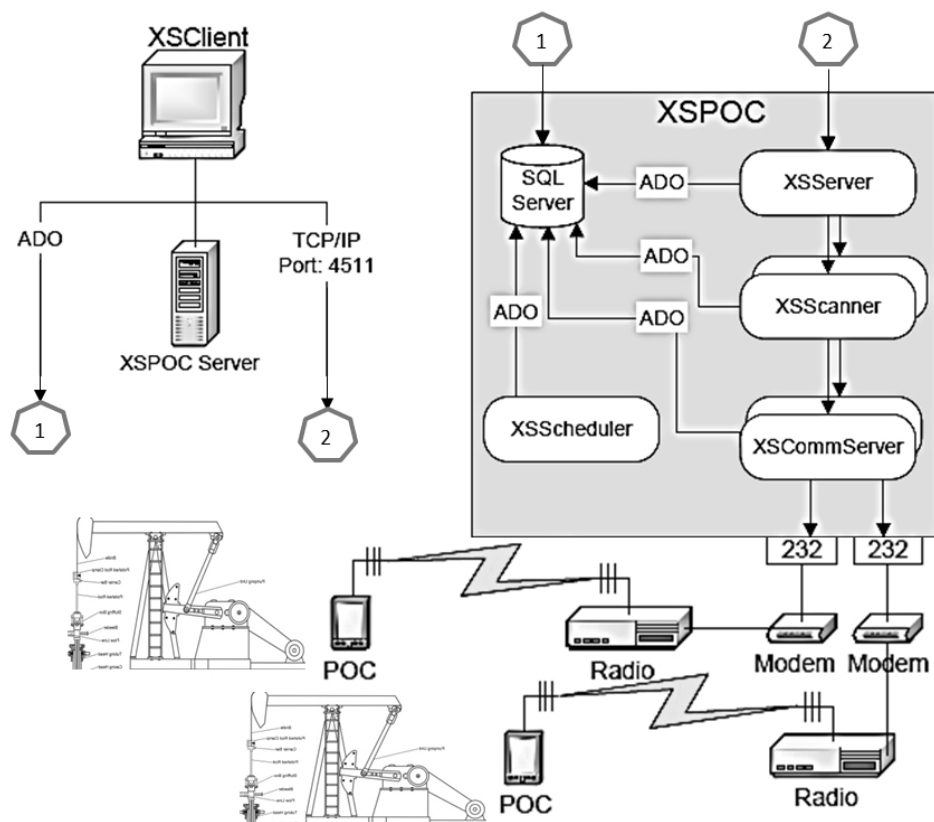


Рис. 4. Система автоматизации и телемеханизации скважины с УШГН

XSPROC состоит из сервера, который собирает и хранит информацию, и клиента, который позволяет пользователю взаимодействовать со всеми объектами системы. XSClient — интерфейс программного обеспечения, используемого для доступа к информации из базы данных XSPROC для сбора и анализа показателей динамометрирования контролируемых скважин [2, 13].

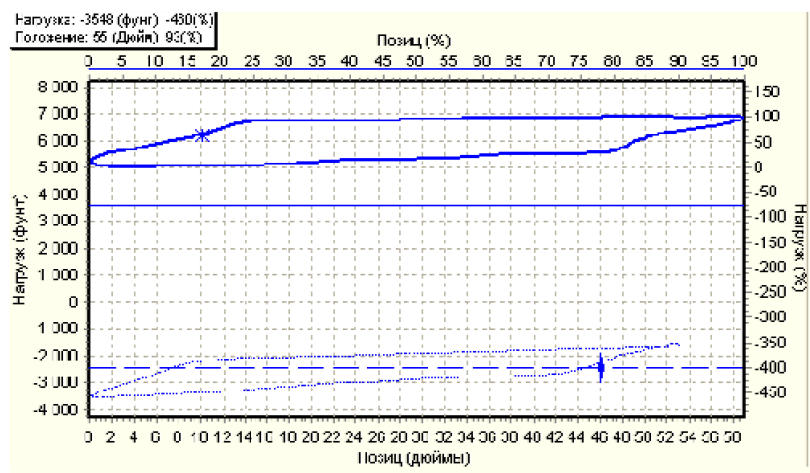


Рис. 5. Динамограмма штанговой глубинной насосной установки

На рис. 5 представлена поверхностная и моделируемая глубинная динамограммы штанговой глубинной насосной установки, расчет которой позволяет организовать более гибкий алгоритм управления насосом, например, в зависимости от уровня жидкости в скважине.

Данная система обеспечивает оперативное получение информации о состоянии насосного оборудования (степень заполнения насоса, наличие утечек, сила удара плунжера, процент газа), электропривода (скорость вращения, потребляемая мощность) и системе управления (количество циклов включение-выключение, состояние датчиков), что позволяет системе на основе анализа полученных данных автоматически рассчитывать поверхностную и глубинную динамограммы.

При работе с контроллером приблизительное количество циклов включение-выключение скважины равно 40. На рис. 6 представлено среднее время работы электропривода УШГН за сутки. Согласно данному рисунку в среднем за сутки электропривод УШГН работает не более 50 %, что позволяет существенно сократить энергозатраты за счет уменьшения времени работы электропривода УШГН на холостом ходу [3, 5, 6, 7, 14].

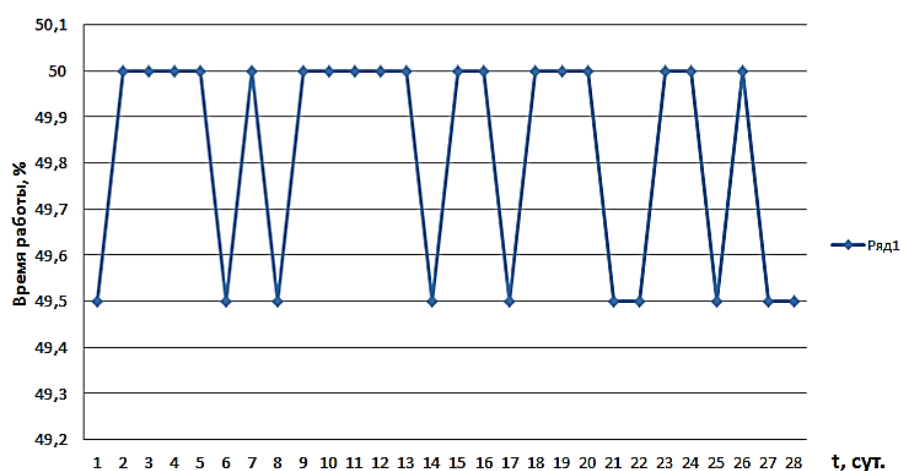


Рис. 6. Среднее время работы электропривода УШГН за сутки

Следовательно, можно сделать следующие выводы:

- в настоящее время интеллектуализация скважин является одним из основных методов повышения энергоэффективности и рентабельности добычи нефти [8, 12, 13, 14];
- интеллектуальная скважина в современном представлении — это самоорганизующаяся, способная к самонастройке, прогнозированию и самообучению система, адаптирующаяся под изменяющиеся условия эксплуатации;
- разработанная система контроля добывающей скважины обеспечивает мониторинг всесторонней информацией в реальном времени о насосном и управляющем оборудовании, позволяет организовать более гибкий алгоритм управления насосом в циклическом режиме (количество циклов включение-выключение скважины за сутки приблизительно составляет 30–40) и существенно сократить энергозатраты за счет уменьшения времени работы электропривода УШГН на холостом ходу;

Таким образом, благодаря разработанной системе контроля добывающей скважины и управления УШГН уменьшаются расходы на энергопотребление, снижается процент вышедшего из строя оборудования благодаря более бережной эксплуатации скважин, что позволяет оптимизировать добычу нефти и процесс разработки в целом.

Список литературы

1. Juan Carlos Pucci. Геологический фокус: Суббасейн Alvear в Аргентине задает загадки // Oil and Gas Journal Russia. – 2013. – № 10. – С. 62-70.

2. А. с. № 2014618025. Система векторного управления высоковольтным асинхронным электродвигателем / Сагдатуллин А. М., Каяшев А. И., Емеев А. А.; опубл. 07.08.2014 г.
3. А. с. № 2014617590. Система управления низковольтным асинхронным электродвигателем / Сагдатуллин А. М., Каяшев А. И., Емеев А. А.; опубл. 28.07.2014 г.
4. Диспут на тему «интеллектуальная скважина» // Нефть. Газ. Новации. – 2011. – № 11. – С. 17-23.
5. А. с. № 2014613685. Нейросетевая идентификация режимов работы скважинного оборудования станка-качалки на основе анализа динамограмм / Сагдатуллин А. М.; опубл. 16.06.2014 г.
6. А. с. № 2014615757. Система моделирования производственных процессов управления высоковольтным асинхронным электродвигателем / Сагдатуллин А. М., Каяшев А. И., Емеев А. А.; опубл. 04.04.2014
7. Сагдатуллин А. М. Разработка интеллектуального регулятора для многомерного логического управления насосной станцией // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2014. – № 4 (106). – С. 107-111.
8. Сагдатуллин А. М. Повышение эффективности разработки нефтегазовых месторождений на основе интеллектуальных систем // Бурение и Нефть. – 2014. – № 7-8. – С. 42-45.
9. Интеллектуальные системы автоматического управления / Под. ред. И. М. Макарова, В. М. Лохина. – М.: Физматлит, 2001.
10. А. с. № 2014616823. Система инверсного нейроуправления нечеткими динамическими объектами с обучаемым в режиме реального времени нейроконтроллером / Сагдатуллин А. М., Емеев А. А., Вахреев С. О., Шакиров Ф. Р.; опубл. 08.09.2014 г.
11. А. с. № 2014619061. Адаптивный пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор / Сагдатуллин А. М., Емеев А. А., Вахреев С. О., Шакиров Ф. Р.; опубл. от 08.09.2014 г.
12. Сагдатуллин А. М. Разработка многомерного регулятора на базе нечеткой логики для поддержания постоянства технологического процесса // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2014. – № 7. – С. 35–40.
13. Сагдатуллин А. М. Моделирование работы интеллектуальной скважины на экспериментальном стенде // Газовая промышленность. – 2014. Спец. вып. № 2, Эксплуатация месторождений УВ на поздней стадии разработки (708). С. 107-110.
14. Сагдатуллин А. М. Моделирование вариантов оптимизации для принятия решений при контроле и управлении разработкой нефтегазового месторождения // Нефтепромысловое дело. – 2014. – № 8. – С. 32–35.
15. Галеев Р. Г. Повышение выработки трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья. Монография – М.: КУБК-а, 1997. – 352 с.

Сведения об авторе

Сагдатуллин Артур Маратович, аспирант кафедры «Автоматизация и информационные технологии», Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск, e-mail: saturn-s5@mail.ru

Information about the author

Sagdatullin A. M., postgraduate of the chair «Automation and information technologies», Almetiev State Petroleum Institute, Almetievsk, e-mail: saturn-s5@mail.ru