

КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ НАГНЕТАНИЯ СКВАЖИНЫ ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

И.Г. Однокопылов, М.С. Карпов

*Томский политехнический университет, г. Томск
Научный руководитель: Однокопылов И.Г., к.т.н., доцент кафедры
электропривода и электрооборудования ТПУ*

Разработка нефтяных и газовых месторождений базируется на современных научных технологиях, которые основаны на детальном изучении свойств продуктивных пластов и содержащихся в них газов и жидкостей, а также изучении происходящих процессов в пластах при их эксплуатации. Исследование месторождений начинается с момента их открытия и продолжается до полной выработки извлекаемых запасов нефти и газа.

Информация, получаемая при исследовании, используется для контроля, проектирования и регулирования систем разработки месторождений, что обеспечивает темпы и степень выработки запасов при минимальных затратах. Одним из важнейших источников информации являются гидродинамические (промысловые) исследования пластов и скважин. Результаты, полученные при гидродинамических исследованиях позволяют выбирать технологии интенсификации притока газа и осуществлять выбор оптимального режима работы технологического оборудования на периоды освоения и эксплуатации скважины [1].

Гидродинамические исследования реализуются нагнетанием жидкости в пласт на протяжении определенного периода времени и регистрацией устьевого и забойного давления [2]. Интерпретация данных полученных при проведении гидродинамических исследований позволяет оценить продуктивные и фильтрационные характеристики пластов и скважин. Качество результатов интерпретации напрямую зависит от точности соблюдения технологии проведения гидродинамических исследований [3].

В период закачки при создании возмущения в прискважинной зоне необходимо проводить непрерывный мониторинг устьевого и забойного давления и поддерживать постоянный расход жидкости [4].

В настоящее время существующие способы нагнетания жидкости в скважину при проведении гидродинамических исследований предполагают участие оператора, который в течение длительного времени должен поддерживать заданный расход и давление в скважине. Для автоматизации процесса нагнетания были разработаны схемы с использо-

ванием мехатронных узлов, которые позволяют с высокой точностью автоматизировать процесс нагнетания.

Одним из простых решений автоматизации гидродинамических исследований скважин является использование регулируемого насоса высокого давления, способного удерживать малый расход при высоком давлении с высокой точностью. Данная задача трудновыполнима и такой вариант в данной работе не рассматривался.

Расходом жидкости легче управлять с помощью регулировочного дросселя. На рис. 1 представлена схема автоматизации гидродинамических исследований скважин методом нагнетания жидкости с использованием проходного регулировочного клапана.

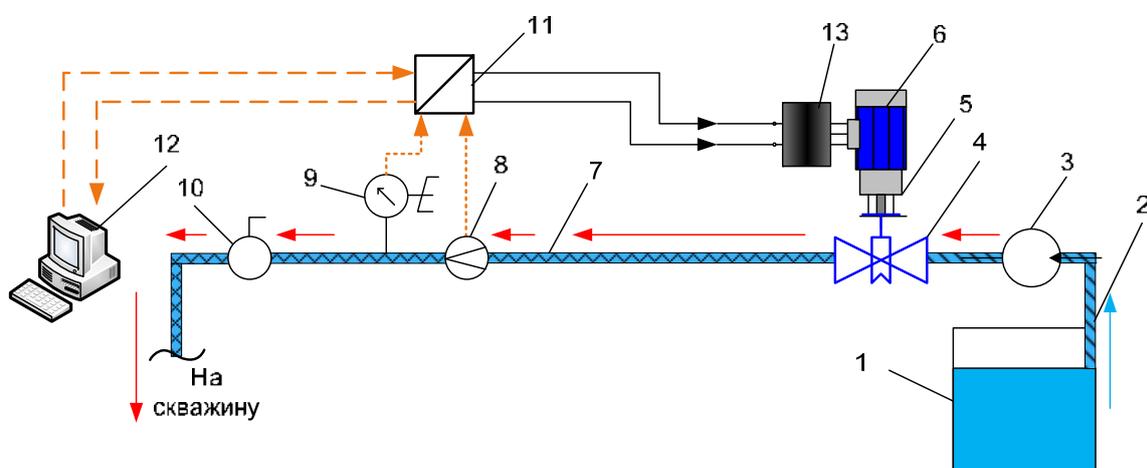


Рис. 1. Функциональная схема автоматизации процесса нагнетания при гидродинамических исследованиях скважин с использованием проходного регулировочного клапана

Схема работает следующим образом. Из емкости 1 по трубопроводу низкого давления 2 жидкость подводится к нерегулируемому насосу высокого давления 3, далее по трубопроводу высокого давления жидкость подводится через регулировочный клапан 4, который регулирует количество жидкости поступающей в скважину. Регулировочный клапан приводится в движение через редуктор 5 асинхронным двигателем 6. Далее по трубопроводу 7 жидкость направляется через расходомер 8 в скважину. Данные с расходомера 8 и датчика давления 9 обрабатываются программируемым логическим контроллером 11, в котором формируется задание для преобразователя частоты 13. Для визуального отображения информации в реальном времени, используется персональный компьютер 12. После достижения в скважине необходимого давления, нагнетательный трубопровод закрывается при помощи шарового крана 10.

На рис. 2. представлена схема автоматизации гидродинамических исследований скважин методом нагнетания с использованием проходного регулировочного клапана установленного в сбросной магистрали. Из емкости 1 по трубопроводу низкого давления 2 жидкость подводится к нерегулируемому насосу высокого давления 3, далее по трубопроводу высокого давления 4 жидкость подводится к тройнику 5, разделяющему жидкость на два потока рабочий и сбросной. Рабочий поток после тройника направляется через расходомер в скважину. Так как производительность нерегулируемого насоса больше требуемого расхода нагнетания жидкости в скважину, то часть жидкости направляется по обратному трубопроводу через проходной регулировочный клапан 6 в емкость 1. Таким образом, изменяя количество сбрасываемой жидкости, можно поддерживать расход нагнетания жидкости в скважину на определенном уровне.

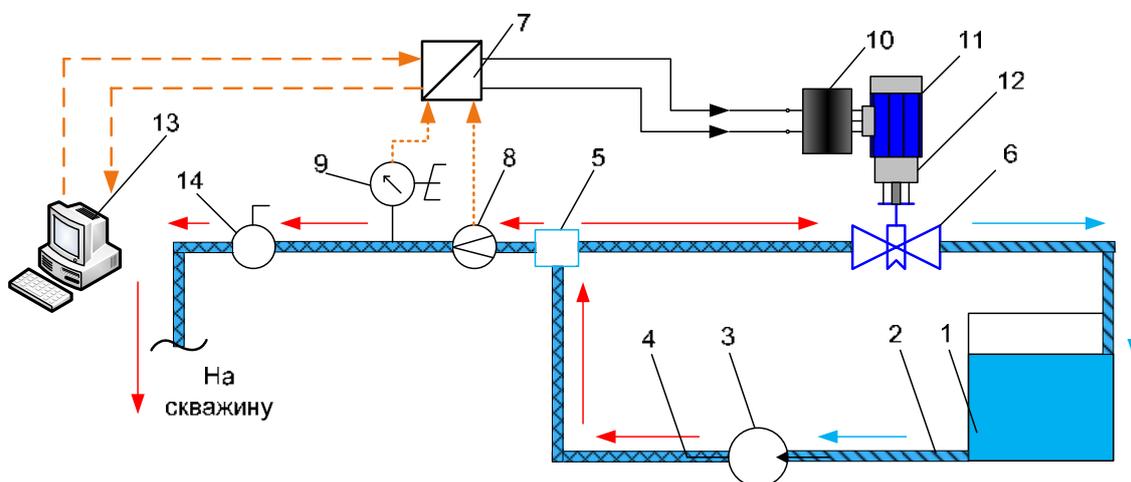


Рис. 2. Функциональная схема автоматизации процесса нагнетания при гидродинамических исследованиях скважин с использованием проходного регулировочного клапана в сбросной магистрали

Контроль расхода нагнетания жидкости поступающей в скважину, обеспечивает программированный логический контроллер 7, основываясь на данных получаемых с расходомера 8 и датчика давления 9. Сигналы снимаются, обрабатываются, и формируется задание на преобразователь частоты 10, который в свою очередь управляет асинхронным двигателем 11. Далее двигатель через понижающий редуктор 12 поворачивает шток регулировочного клапана 6, тем самым изменяя количество проходящей жидкости. Для визуального отображения информации в реальном времени, используется персональный компьютер 13. После достижения в скважине необходимого давления снимаемого электрон-

ным манометром 9, нагнетательный трубопровод закрывается при помощи шарового крана 14.

Проанализировав оба варианта, можно сделать вывод, что схема, представленная на рис. 2, обладает рядом недостатков, таких как высокая стоимость и низкий КПД системы. Это обусловлено тем, что большая часть жидкости, подаваемая насосом 3, сбрасывается обратно в емкость 1. Однако, приведенная схема позволяет с высокой точностью производить процесс нагнетания, а электро- и гидрооборудование, необходимое для реализации является доступным.

В работе в среде Matlab была разработана имитационная модель нагнетания жидкости в скважину. В модели использовались библиотеки SimPowerSystems для моделирования регулируемого электропривода [5], и SimHydraulics, которая позволяет решать задачи статики, кинематики и динамики различных гидравлических систем.

Проведен анализ графиков давления при различных вариантах установки проходного регулировочного клапана, можно сказать, что регулирование расхода при реализации первого варианта характеризуется повышенным давлением в нагнетающей магистрали. Этот факт, безусловно, создаёт нагрузку на насос и элементы гидравлической системы, что уменьшит срок эксплуатации оборудования.

Метод нагнетания жидкости в угольный пласт хорошо себя зарекомендовал. Данный способ позволяет наиболее достоверно определять проницаемость и фильтрационные параметры пластов в течение небольшого времени и невысоких затрат на исследования.

По опыту интерпретации данных гидродинамических исследований, наиболее успешными признаются те испытания, при которых в период закачки расход жидкости поддерживается постоянным в течении всего теста.

Анализ предложенных схем автоматизации гидродинамических исследований показал, что наиболее простым и эффективным является использование проходного регулировочного клапана, что позволит с достаточной точностью управлять величиной расхода при проведении испытаний.

Список информационных источников

1. Saulsberry J.L., Schafer P.S., Schraufnager R.A. A Guide to Coalbed Methane Reservoir Engineering // Gas Research Institute Report GRI-94/0397 – Chicago, Illinois, 1996. – P. 342.
2. Hopkins C.W., Frantz J.H., Flumerfelt R.W., Spivey J.P. Pitfalls of Injection/Falloff Testing in Coalbed Methane Reservoirs // Permian Basin Oil and Gas Recovery Conference, Texas, 1998. – P. 16.

3. TacoG., KamenarA., EdgooseJ. Comparison of Permeabilities and Skin Damages Results from Flow Build-up and Injection Falloff Tests in CBM Reservoirs // Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Australia, 2010. – P. 6.
4. Однокопылов И.Г., Гнеушев В.В., Филиппов А.С. Исследование динамических нагрузок электропривода подъема каротажной лебедки // Фундаментальные исследования: научный журнал. – 2015. – № 2, ч. 7. – [С. 1392–1396].
5. Odnokopylov I. G. [et al.] Load balancing of two-motor asynchronous electric drive [Electronic resources] // Control and Communications (SIBCON) : International Siberian Conference on Russia, Omsk, 2015. – [4 p.].