

Д.А. Говорков, А.С. Белоусов

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДЫ И ВИЗУАЛЬНО-ГРАФИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА РАБОТЫ СКВАЖИННЫХ СИСТЕМ

Рассматриваются современные подходы к решению задач проектирования, моделирования и оценивания параметров и состояний скважинных систем. Представлен анализ существующих программных продуктов, реализующих указанные задачи. Анализируются факторы эффективности применения программ и возможные пути их развития на основе совершенствования визуально-графического интерфейса.

Моделирование и анализ состояний, скважинные системы, программные комплексы, визуально-графический интерфейс.

Системы моделирования и анализа работы скважин представляют собой сложный информационно-аналитический комплекс, объединяющий методы геологии, геофизики, гидродинамики, экономики, математики, а также технологии добычи нефти и газа. Конечной целью таких систем является получение действующей модели скважины, выдача оперативной информации по текущему состоянию и прогнозирование дальнейшего поведения исследуемой модели.

Современный рынок программных средств по моделированию и анализу работы скважин представлен несколькими категориями программ в зависимости от решаемых задач. В общем случае программы можно разделить по следующим категориям: проектирование, сопровождение и решение обратных задач [1]. Рассмотрим особенности каждой группы:

— проектирование: необходимость в обширной справочной информации по типу оборудования, адекватной математической модели и алгоритма расчета;

— сопровождение: оперативность работы программы на уровне реального времени, развитые коммуникационные возможности (связь с измерительной и исполнительной аппаратурой, связь с БД) и надлежащее визуально-графическое оформление экранов операторов;

— решение обратных задач (в которых значения параметров модели должны быть получены из наблюдаемых данных): наличие автоматизированных алгоритмов обработки и анализа информации, поддержка экспертного режима при исследованиях.

На сегодняшний день существует большое количество программных средств, реализующих узкий круг возможностей при решении определенного круга задач. Однако практика показывает, что все большую популярность у специалистов по эксплуатации скважинных систем [2] приобретают программные продукты, включающие в себя совокупный набор указанных функций в единой среде, ориентированной на принятие решений.

В качестве примера можно привести программное решение для анализа фонда скважин американской компании Peloton под названием «WellView», получившее дальнейшее развитие на производстве компанией «Роснефть». Данное ПО представляет собой полное корпоративное решение ведения паспорта скважины — от заявки на бурение до ликвидации скважины. «WellView» отслеживает все изменения и операции на протяжении жизни скважины [3]. На рис. представлены пример экрана индивидуальной карточки скважины, позволяющий проследить историю любой из скважин на всем протяжении срока ее

эксплуатации (А), и экран анализа фонда скважин по фактору обводненности с использованием матрицы Мэрилезнда (двухфакторный анализ по размеру и цвету клетки) (В).

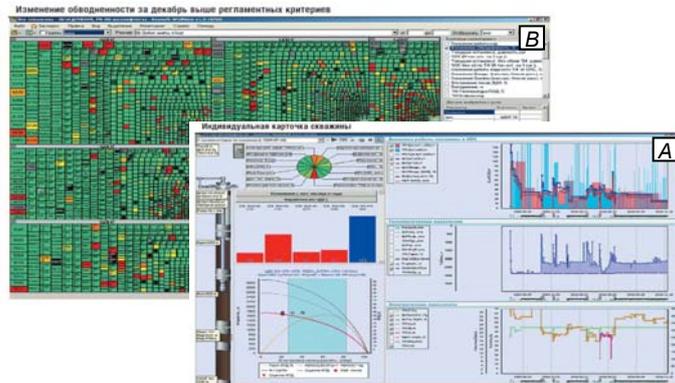


Рис. Примеры экранов программной среды «WellView»

В единой среде происходит объединение функций сопровождения истории разработки по отдельным скважинам, кустам и месторождениям в целом и функций мониторинга и диагностики состояния оборудования с поддержкой экспертной оценки и механизмов исследования факторов, влияющих на производительность скважин. Особенностью программы является реализация графического оформления с поддержкой интеграции модулей специального назначения в единую программную оболочку, что позволяет быстро и удобно переключаться между модулями и оперативно обращаться к данным, не теряя их.

К основным достоинствам программы можно отнести реализацию всего необходимого круга задач работы оператора-технолога. Основным недостатком является сложность организации данных (связь с БД, опрос истории разработки, многофакторность анализа и т.д.), обуславливающая необходимость учета большого количества данных и, следовательно, существенную загруженность экранов информацией. Кроме того, не проявлен механизм отработки принятия решений, что критично для режима работы в реальном времени.

Учитывая опыт использования программы «WellView», сформулируем **основные требования** к программным средам комплексного сопровождения скважинных систем:

- использование минимально допустимого набора параметров при проектировании, подборе оборудования или расчете режима эксплуатации скважины с упрощенным механизмом настройки с возможностью дальнейшего расширения системы при подключении дополнительных моделей [4];

- расчет и визуализация состояния системы в реальном времени с отображением значений измеряемых переменных совместно с сигнализацией аварийных состояний и фиксацией истории измерений (функции мониторинга SCADA-систем);

- поддержка технологии наблюдателей состояния [5], позволяющей дополнить измеряемые переменные сигналами, недоступными прямому измерению, а также дающих возможность сопоставления модельных и реальных данных с целью последующего их анализа;

- возможность подключения модуля решения обратных задач по опознаванию дрейфующих параметров системы в автоматизированном режиме;

— возможность обеспечения работы программы в режиме удаленного доступа (идеология веб-сервиса).

Одним из вариантов системы с перечисленными характеристиками является программная среда моделирования и анализа скважинной системы с погружным электронасосом [4, 6–8]. В основе алгоритма программы лежит единая гидродинамическая модель «пласт — скважина — насос», характеризующая совместным учетом одновременно действующих факторов пласта, подъемника и насоса. Использование данной модели позволяет:

- восстанавливать гидродинамическое состояние системы, в том числе в переходных режимах;
- строить алгоритмы решения обратных задач по данным нормальной эксплуатации с использованием алгоритма МНК-идентификации;
- использовать технологию наблюдателя состояния;
- проводить расширение модели для учета изменяющихся факторов эксплуатации.

Ключевым фактором реализации всего вышеопределенного набора задач является использование современных визуально-графических средств при оформлении образов экранов. Помимо очевидных требований удобства, простоты и надежности интерфейса программы этот аспект предполагает также наиболее эффективное воплощение алгоритма работы с данными. Применительно к рассматриваемой программной среде вышесказанное означает:

1. Наличие схематичного образа скважины с окнами отображения значений измерений процессов, сигнализацией аварийных состояний и подвижной областью уровня жидкости в затрубном пространстве для наглядного представления процессов в системе, визуализации реальной или модельной динамики процессов и визуализации реакции системы на управляющие воздействия (идеология образов объектов в SCADA-системах).

2. Поддержку интерфейсов:

- создания проекта новой скважины с выделенным диалогом первичной настройки основных параметров модели;
- редактирования проекта скважины (настройка модели) с одновременным отображением результатов настройки на схеме скважины;
- анализа состояния скважины в статике при определении чувствительности системы (в частности — выявлении условий срыва подачи) к вариации изменяющихся факторов эксплуатации на основе однофакторных (по графикам основных переменных системы) и двухфакторных (по двумерным графикам областей устойчивости) экспериментов;
- анализа состояния скважины в динамике для эмулирования поведения системы в переходных процессах с отображением соответствующих графиков.

3. Наличие механизма генерации отчетов (полная таблица параметров, данные экспериментов в статике и динамике, графики процессов) с поддержкой экспорта данных и возможностью подключения справочной информации.

4. Поддержку технологии веб-сервисов: удаленный доступ к системе, в том числе с мобильных устройств, обмен данными через интернет, возможное воплощение интерфейса системы в виде веб-приложения.

Разработку программы предполагается вести с использованием инструментальной среды программирования Microsoft Visual Studio на основе модели построения приложений Windows Presentation Foundation (WPF) [9]. Ее основными особенностями являются:

- веб-подобная модель компоновки с гибким механизмом позиционирования элементов управления на основе их содержимого;

- широкие возможности рисования на основе примитивов (базовые фигуры, блоки текста и т.д.);
- поддержка анимации как неотъемлемой части платформы с функцией автоматического запуска;
- поддержка аудио- и видеофайлов;
- наличие встроенных расширяемых стилей и шаблонов, позволяющих стандартизировать формат и способ отображения элементов управления;
- декларативный пользовательский интерфейс, позволяющий программировать внешний вид среды в отдельном редакторе (Expression Blend [10]) отдельно от кода основной программы;
- создание приложения на основе веб-страниц.

Данные преимущества позволяют разработать приложение, полностью отвечающее заявленным требованиям к созданию интерфейса программной среды моделирования и анализа скважинной системы с погружным электронасосом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каневская Р.Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов. М.; Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2002. 140 с.
2. Система управления и мониторинга для механизированного фонда скважин // Инженерная практика: Производственно-техн. нефтегаз. журн. 2010. Вып. 9. 112 с. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://glavteh.ru>.
3. Официальный сайт компании Peloton. Режим доступа: <http://www.peloton.com/ru>.
4. Соловьев И.Г. Вопросы информатизации и управления эксплуатацией скважин с погружным электронасосом // Автоматизация и телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2010. № 8. С. 43–47.
5. Fomin V., Solovyev I. Adaptive Observer Design for Hydrodynamic States of an Oil-Well // Proceeding of CSCS-18. Univ. POLITEHNICA of Bucharest, 2011. P. 286–289.
6. Соловьев И.Г., Говорков Д.А. Математическая модель и вычислительная схема анализа гидродинамики притока к горизонтальной сегментно-регулируемой скважине // Математическое моделирование. М.: Наука, 2012. № 4. С. 57–64.
7. Говорков Д.А. Технология идентификации гидродинамических параметров скважинной системы // Материалы конф. «Состояние, тенденция и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири» (СЗС-2008).
8. Говорков Д.А., Курлаев Г.Н. Технология анализа режимов эксплуатации скважины с электронасосом в условиях реального времени // Вестн. кибернетики. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2011. № 10. С. 22–27.
9. Мак-Дональд М. WPF 4: Windows Presentation Foundation в .NET 4.0 с примерами на C# 2010 для профессионалов: Пер. с англ. М.: И.Д. Вильямс, 2011. 1024 с.
10. Троелсен Э. Expression Blend 4 с примерами на C# для профессионалов: Пер. с англ. М.: И.Д. Вильямс, 2012. 368 с.

D.A. Govorkov, A.S. Belousov

Software environments and visual-graphical tools of simulation and analysis regarding operation of wellbore systems

The paper considers modern approaches to solve problems of designing, simulation and assessing parameters and states of wellbore systems, analyzing the existing software products which implement the said aims. Subject to consideration being efficiency factors regarding the use of this software, as well as possible ways of its development on the basis of improving its visual-and-graphical interface.

Simulation and analysis of states, wellbore systems, software packages, visual-and-graphical interface.