

А.А. Казаков

СИСТЕМА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ГИДРОДИНАМИКИ СКВАЖИНЫ С КОНУСОМ ПОДОШВЕННОЙ ВОДЫ

Представлена структура автоматизированной системы вычислительного анализа процессов скважинных систем. Рассмотрен пример реализации системы для анализа гидродинамики скважины с конусом подошвенной воды, приведен вариант интерфейса пользователя. Используются модели, ориентированные на применение в системах нефтедобычи реального времени.

Система, вычислительный анализ, автоматизация, интерфейс пользователя, модель притока, гидродинамика, подошвенная вода, конусообразование, реальное время.

Приобретшие в последнее время большую актуальность системы реального времени предъявляют особые требования к математическому обеспечению [1–3]. В частности, модели в таких системах должны надежно воспроизводить динамику переходных процессов, обеспечивать адекватность статических характеристик [4]. Объекты нефтедобычи — скважинные системы в их различных вариантах — кроме того, характеризуются сложностью взаимосвязей.

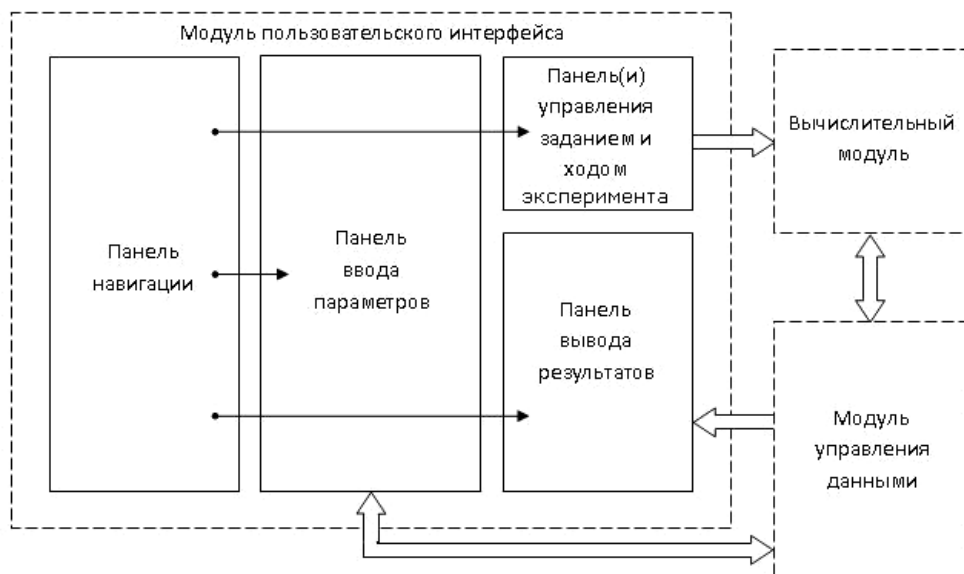


Рис. 1. Структурная схема системы вычислительного анализа

Предлагаемая система анализа позволяет автоматизировать проведение вычислительных экспериментов с использованием таких моделей и облегчить последующий анализ процессов скважинных систем (с возможным выявлением ошибок описания моделью предметной области). Модульный принцип архитектуры делает систему расширяемой. Структурная схема системы (рис. 1) включает следующие элементы: модуль управления данными, вычислитель-

ный модуль и модуль пользовательского интерфейса. Модуль управления данными отвечает за прием, хранение и выдачу информации о параметрах модели и результатах проведенных экспериментов. Вычислительный модуль содержит программную реализацию математических операций по расчету модели, вся участвующая информация берется с других модулей. Пользовательский интерфейс призван обеспечить диалог между пользователем и прочими модулями. Реализация его в свою очередь содержит панели ввода параметров, управления заданием и ходом эксперимента, вывода результатов и навигации (для ориентировки в параметрах модели и результатах эксперимента).

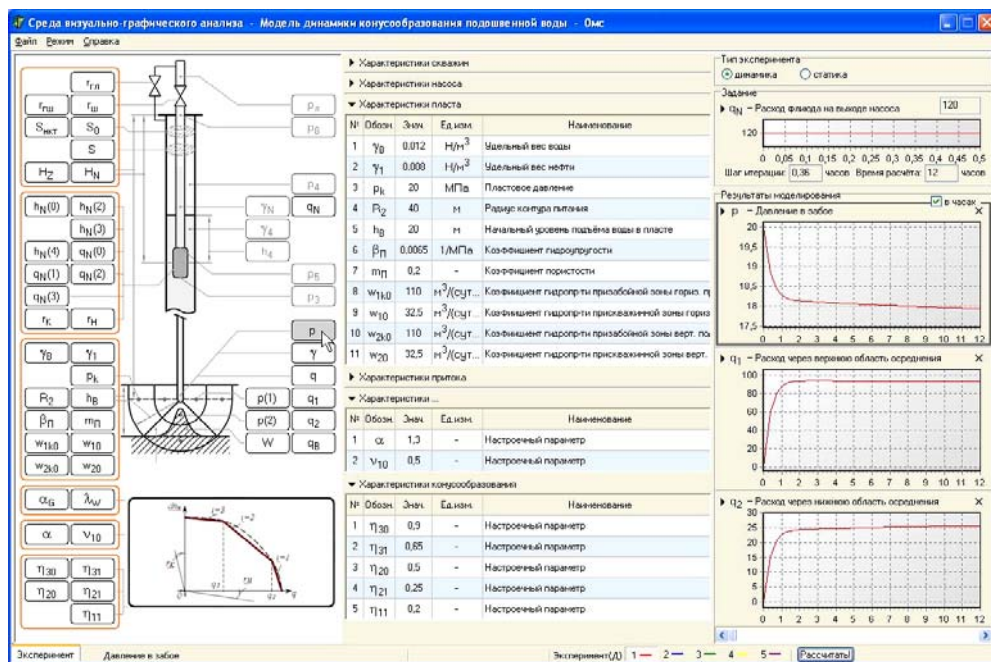


Рис. 2. Пример 1 реализации интерфейса пользователя системы

При старте расчета данные о параметрах модели (совместно с информацией о параметрах расчета с панели управления заданием) поступают в вычислительный модуль, который в свою очередь запускает расчет, а по его окончании возвращает первому результат (который впоследствии может быть использован для вывода в виде графиков на соответствующей панели).

Реализация системы представляется оптимальной с использованием объектно-ориентированного подхода. Программирование осуществлялось на языке Delphi. Модуль управления данными организован созданием класса, имеющего в составе динамические массивы для хранения значений параметров модели и результатов расчета, а также методы для осуществления к ним доступа (и выполнения сервисных функций, например загрузки значений параметров из файла). Реализация данного модуля совмещена с модулем интерфейса пользователя и представляет выполняемый файл системы. Напротив, реализация вычислительного модуля является динамически подключаемой библиотекой, что делает архитектуру системы в определенной мере гибкой: есть возможность безопасно подключать тот или иной вычислительный модуль (что актуально в связи с многовариантностью используемых моделей).

Также благодаря этому возможно применение таких модулей в независимых приложениях, к которым можно отнести SCADA-пакеты и различные системы нефтедобычи реального времени [1].

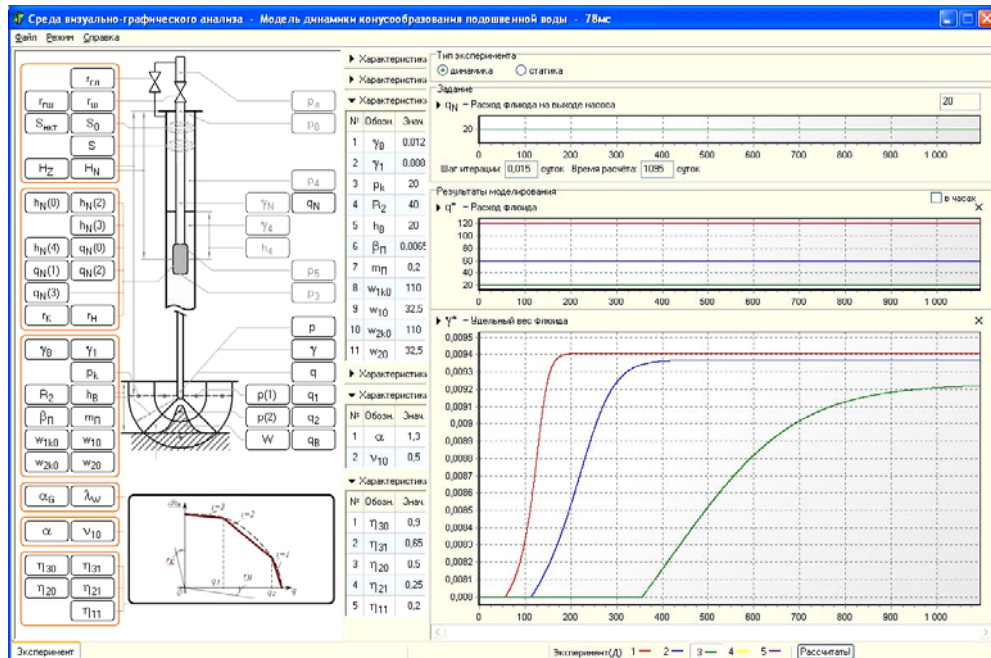


Рис. 3. Пример 2 реализации интерфейса пользователя системы

Пример интерфейса пользователя системы применительно к анализу гидродинамики скважины с конусом подошвенной воды [5] представлен на рис. 2. Панель навигации содержит схему скважины и ряд группированных кнопок выбора параметров модели и кнопок выбора графиков для построения. Панель ввода параметров каждую группу параметров оформляет в виде таблицы, один из столбцов которой содержит числовые значения параметров, разрешенных к редактированию. Проведение эксперимента возможно в двух — по соответствующей настройке на панели управления заданием и ходом эксперимента — вариантах: расчет динамических и статических характеристик. На рис. 2–4 представлены различные варианты проведения эксперимента и примеры результатов расчета. При этом, поскольку процессы в скважинной системе носят разномасштабный по времени характер, как видно на рисунках, есть возможность отдельно отслеживать ход процесса в часах и в сутках (указанием одноименных настроек), т.е. отдельно наблюдать «быструю» динамику изменения давлений и расходов и «медленную» замещения. Для каждого типа эксперимента предусмотрено 5 закладок для проведения серии экспериментов. При этом графики отдельных экспериментов изображаются одинаковым цветом. Есть возможность совмещения нескольких родственных графиков (например, «давление»+«давление» или «расход»+«расход», но не «удельный вес»+«объем конуса») на одни оси.

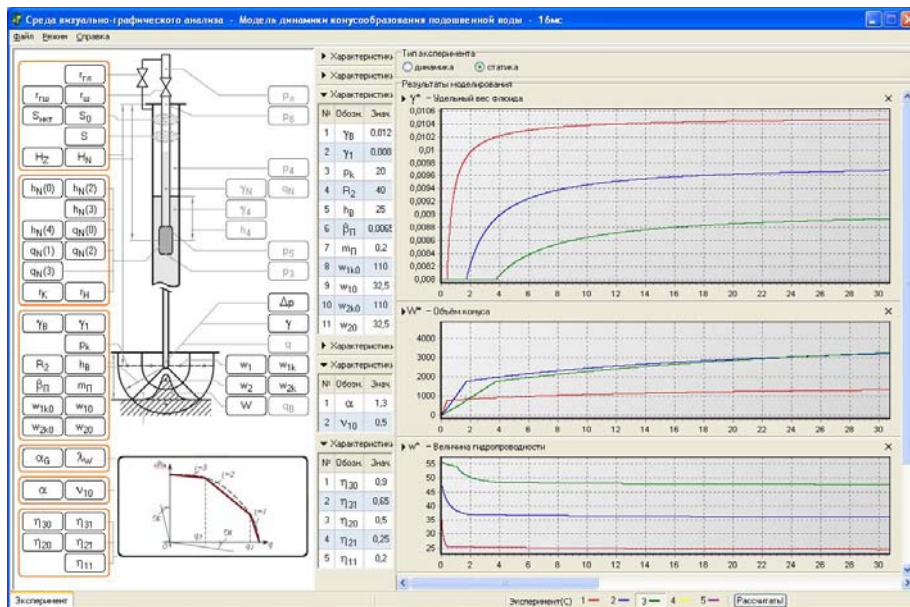


Рис. 4. Пример 3 реализации интерфейса пользователя системы

Дальнейшие разработки планируется вести в направлении повышения функциональности инструмента, а также реализации на его основе систем нефтедобычи реального времени. Последние, как несколько отличающиеся от типичных систем реального времени, предполагается использовать на верхних уровнях автоматизации АСУ ТП (как дополнительно подключаемые к системам SCADA модули и экраны либо как самостоятельный программный продукт с непосредственной связью с измеряющим оборудованием). Требование необходимой быстроты реагирования таких систем будет выполнено при должном администрировании используемых операционных систем (включая Microsoft Windows) с применением мер по обеспечению надежности работы оборудования (источники бесперебойного питания, резервирование) ввиду малых темпов развития самых быстротечных процессов (длительности могут измеряться несколькими часами).

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев И.Г. Иерархия адаптивных технологий нефтедобычи реального времени // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2008. № 2.
2. Saputelli L., Nikolaou M. and Economides M.J. Real-time reservoir management: A multiscale adaptive optimization and control approach // Computational Geosciences. 2006. № 10. P. 61–96.
3. Leemhuis A.P., Belfroid S.P.C. and Alberts G.J.N. Gas coning control for smart wells // SPE 110317. 2007.
4. Соловьев И.Г. Концептуальные основы и системные принципы управления гибкими автоматизированными технологиями нефтедобычи // Изв. вузов. Нефть и газ. Тюмень: ТюмГНГУ, 2004. № 5. С. 62–69.
5. Соловьев И.Г., Казаков А.А. Конечномерная аппроксимация гидродинамики радиального притока к скважине с подошвенной водой // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2009. № 8. С. 20–24.

A.A. Kazakov

*A SYSTEM OF COMPUTER AIDED ANALYSIS REGARDING HYDRODYNAMICS
OF A WELL WITH A CONE OF BOTTOM WATER*

Subject to presentation being a structure of an automated system of computer aided analysis for processes in well systems. The paper considers an example of implementation of a system for analysis of hydrodynamics in a well with a cone of bottom water, citing a version of user's interface. They use models oriented at application in on-line oil production systems.

System, computer aided analysis, automatization, user's interface, influx model, hydrodynamics, bottom water, coning, on-line.