

А.П. Веревкин, О.В. Кирюшин, В.Я. Соловьев,
Уфимский государственный нефтяной технический университет

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ НЕФТИ В ДИНАМИКЕ

Одной из основных задач при эксплуатации нефтяных месторождений, находящихся в последней стадии разработки, является повышение нефтеотдачи пласта за счет извлечения нефти из слабофильтруемых и застойных зон при ограничении на удельные энергетические и финансовые затраты [1, 2, 3].

Традиционно управление отбором скважинной продукции ведется на основе анализа статических режимов. Но для истощенных пластов традиционные методы не дают желаемого снижения и стабилизации обводненности добываемой жидкости и приводят к повышению удельных энергетических и экономических затрат. В связи с этим задача разработки методов воздействия на пласт, которые более эффективны в смысле технико-экономических показателей, является весьма актуальной.

Одним из направлений методов повышения эффективности нефтедобычи является динамическое воздействие на пласт [4, 5 и др.].

Динамические воздействия могут осуществляться как со стороны системы поддержания пластового давления (ППД), так и со стороны добывающих скважин. В первом случае воздействие подается на группу скважин (в этом случае может быть оценен только интегрированный эффект), во втором случае воздействия можно подавать избирательно (эффект оценивается либо по одной, либо по группе близлежащих скважин). Следует отметить, что подбор вида, частоты и интенсивности воздействия, как показали исследования [4], существенно влияют на результаты. Поэтому, без разработки имитационной модели пласта и проведения на этой модели экспериментов с целью определения окрестности оптимальных режимов достижение успеха маловероятно. Моделирование режимов работы месторождений для систем ППД, пласта и добывающих скважин с точностью, позволяющей решать оптимизационные задачи, практически невозможно. Поэтому рассмотрим задачу подбора оптимального динамического режима добычи для отдельно взятой скважины. Рассматриваемая система с точки зрения моделирования является достаточно сложной вследствие:

• неоднозначности и нелинейности зависимостей между параметрами,
• неоднородности пласта как объекта моделирования, наличия участков с различными фильтрационными свойствами,
• сильной зашумленности исходной экспериментальной информации и т.д.

Методика моделирования таких систем связывается с итерационной оптимизацией характеристик неизбыточных моделей различного уровня определенности информации об объекте по критериям качественной и количественной адекватности.

В соответствии с основами системного подхода при исследовании сложных систем модель системы строится иерархически и включает четыре основных уровня определенности знаний: концептуальный, топологический, структурный и параметрический. На концептуальном уровне определяются перечни входных, выходных и промежуточных переменных (координат) системы, т.е. определяются границы си-

- отсутствия данных о ряде параметров пласта,
- недостатка информации о динамических характеристиках объектов,

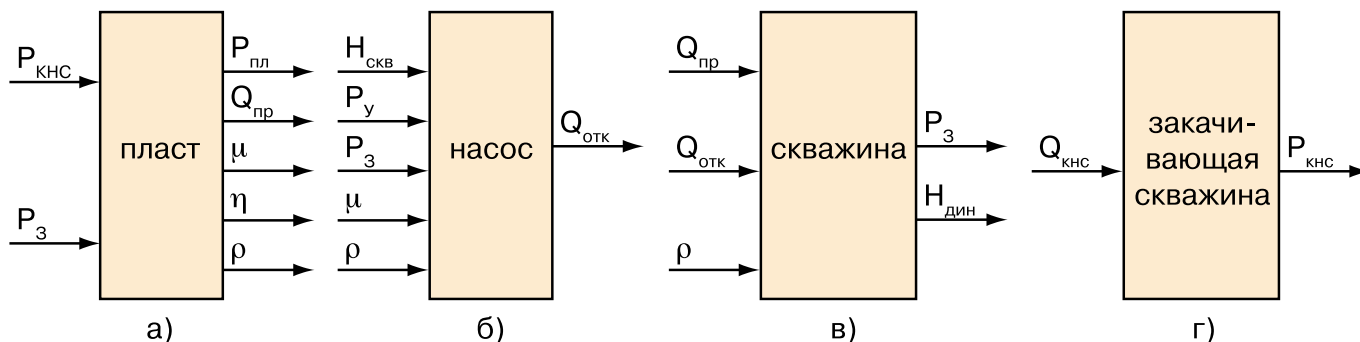


Рисунок 1

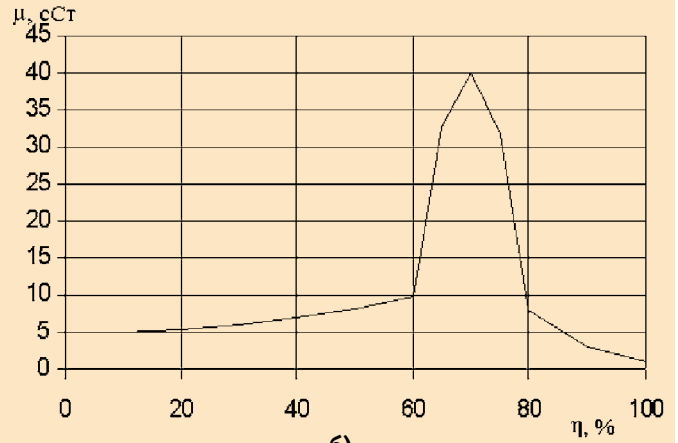
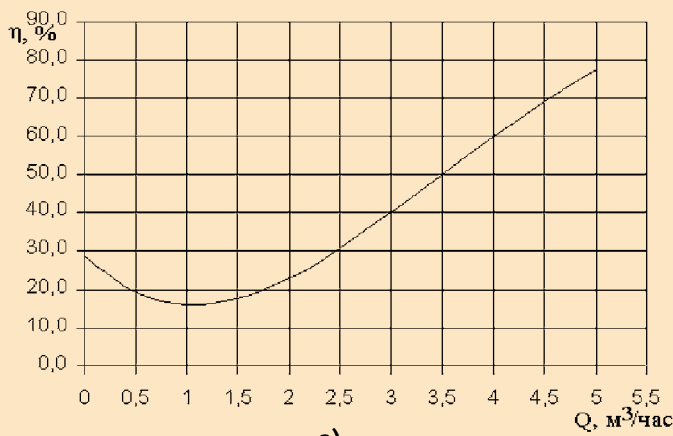


Рисунок 2

стемы и подсистем. В моделях топологического и структурного уровней определяются связи между переменными (топологический уровень) и структура операторов связей между переменными (структурный уровень). В моделях параметрического уровня в тех или иных шкалах задаются параметры системы; на данном уровне объем информации об объекте максимален. Формирование моделей с меньшим уровнем информации производится преимущественно на основе декларативных знаний о процессах, а моделей параметрического и, может быть, структурного уровней – преимущественно на основе эмпирических знаний и экспериментальных данных, то есть на основе объектно-ориентированной информации.

Системный анализ задачи в связи с этим послужил основой для разработки описанной ниже методики построения моделей, включающей три этапа.

1 этап. Анализ исходной информации, которая подразделяется на два типа:

- экспериментальный материал, содержащий временные ряды по технологическим параметрам скважин в режиме их нормальной эксплуатации;
- аналитические знания.

Первый тип информации не дает возможности однозначно определить модели технологических объектов. Второй тип позволяет определить структуру моделей и границы изменения ряда параметров объектов.

2 этап. Итерационный процесс моделирования, уточняющий структуру и параметры моделей на каждой итера-

ции с одновременным проведением имитационных экспериментов и сопоставлением результатов с экспери-

Компания РВС - официальный авторизованный дилер представляет оборудование своих партнеров:

 <p>Buehler (США). Отрезные станки, шлифовально-полировальные приборы, прессы, оптические микроскопы. Для петрографических, минералогических и металлографических исследований.</p>		 <p>Horiba (Япония). Лазерные экспресс анализаторы размеров частиц серии LA. Для сухого и мокрого анализа частиц в диапазоне от 10 нм до 3 мкм. Ультразвуковое диспергирование образца, русифицированное программное обеспечение.</p>
 <p>Aurora Instruments (Канада). Атомно - абсорбционные спектрометры для качественного-количественного анализа элементов от Li (лития) до Bi (висмута). С атомизацией в пламени, графитовых печах и пероксидных генераторах. Диапазон от слепки (ppb) до макро содержания.</p>	 <p>Memmert (Германия). Универсальные и вакуумные сушильные шкафы, водяные и масляные термостатируемые ванны и охлаждающие инкубаторы. Программируемые режимы термостатирования.</p>	 <p>Retsch (Германия). Щековые, планетарные, дисковые и роторные мельницы, просеивающие машины для определения размеров частиц, лабораторные делители и питатели.</p>
 <p>Retsch Technology (Германия). Экспресс анализаторы размеров и формы частиц сухих сыпучих материалов. Диапазон измеряемых частиц: CRYSTAL-SIZER от 0,7 мкм до 2,5 мм, CAMSIZER от 30 мкм до 30 мм.</p>	 <p>Testing (Германия). Оборудование для контроля и анализа строительных материалов: цемента, бетона, сухих смесей, грунта, асфальта, для обследования и ремонта строительных конструкций.</p>	 <p>Waldner (Германия). Лабораторная мебель. Современная модульная конструкция. Сопровождение поставок «под ключ» - от разработки проекта до полного монтажа.</p>

РАЗРАБОТКА И ОБОРУДОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

190020 С-Петербург, Бумажная, 17.
 Т/ф: (812) 320-67-07
 e-mail: post@rvs-ltd.ru
 Internet: http://www.rvs-ltd.ru



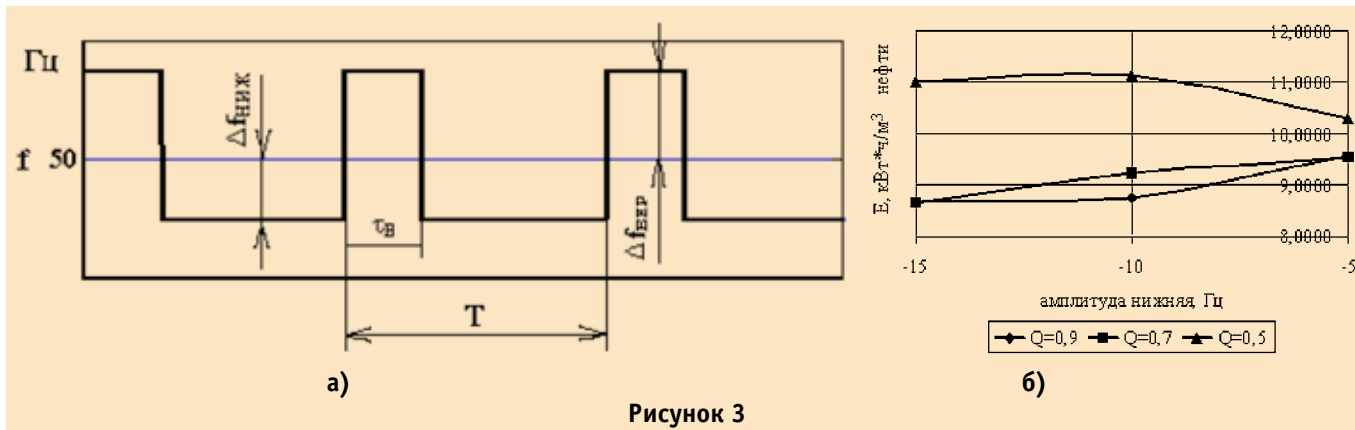


Рисунок 3

ментальными.

Предлагается рассматривать следующие подсистемы, взаимодействующие через общие входные-выходные координаты:

- пласт и призабойная зона (рисунок 1,а),
- добывающая скважина (рисунок 1,б),
- насос добывающей скважины (рисунок 1,в),
- закачивающая скважина (рисунок 1,г).

При этом используется традиционное представление нелинейных динамических моделей через последовательные соединения статических моделей (не-

линейных статических звеньев) и динамических звеньев в виде передаточных функций.

Концептуальная модель пласта представлена на рисунке 1,а. В качестве входных координат приняты давления в закачивающей скважине $P_{кнс}$ и в забое добывающей P_z , а в качестве выходных: давление в пласте $P_{пл}$, приток жидкости из пласта в забой $Q_{пр}$, вязкость жидкости, обводненность и плотность.

Данный объект является нелинейным вследствие наличия следующих установленных зависимостей:

- 1) аналитический анализ и экспериментальные данные показали, что зависимость η от $Q_{пр}$ качественно имеет

вид кривой, которая приведена на рисунке 2,а;

2) вязкость μ водонефтяной эмульсии также находится в нелинейной зависимости к η (см. рис. 2,б); установлено, что при $\eta < 40\%$ жидкость по свойствам близка к чистой нефти, при $\eta > 90\%$ – к воде, а в диапазоне $\eta = 60...80\%$ имеет место скачок вязкости, вызванный неньютоновскими свойствами эмульсии;

3) вязкость μ влияет на приток жидкости в скважину $Q_{пр}$, согласно формуле

$$Q_{пр} = \frac{K \cdot \Delta P}{\mu}$$

где ΔP – депрессия на пласт, K – коэффициент.

Концептуальная модель скважины представлена на рисунке 1,б, где обозначены: $Q_{отк}$ – расход откачиваемой жидкости, $H_{дин}$ – динамический уровень в скважине.

Факторы, определяющие нелинейность объекта:

- 1) давление газовой шапки в скважине зависит от ее объема, а, следовательно, от динамического уровня;

2) давление в забое определяется как давлением газа, так и столбом жидкости, которая в свою очередь имеет переменную плотность.

Нелинейность модели насоса добывающей скважины (рисунок 1,в) определяется нелинейностью его нагрузочной характеристики $P_n = f(Q_{отк})$. Кроме

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

НЕФТЕМАШ

ТЮМЕНЬ



Оборудование для поддержания пластового давления.

Автоматизированные групповые измерительные установки.

Насосные станции для перекачки различных сред.

Установки подготовки нефти, газа и воды.

Оборудование противопожарного назначения.

Блоки административно-бытового назначения.

ОАО «НЕФТЕМАШ» Адрес: 625003, Россия, г. Тюмень, ул. Военная, 44
приемная тел.: (3452) 43-01-03, отдел маркетинга: т./ф: (3452) 43-22-39
отдел сбыта: телефон/факс: (3452) 43-99-10, 43-22-13
E-mail: girs@neftemashtmn.ru URL: www.neftemashtmn.ru



того, необходимо учесть потери давления на трение в трубе и насосе, которые могут быть значительны для высоковязких сред. Они определяются как функция вязкости и расхода.

Закачивающая скважина, концептуальная модель которой показана на рисунке 1,г, является нелинейным объектом вследствие нелинейности нагрузочных характеристик установленного насоса. Из описания подсистем видно, что они являются не только нелинейными, но и взаимно связанными по параметрам. Динамика подсистем учтена путем введения в модели передаточных функций, коэффициенты которых подбираются по экспериментальным данным и аналитическим оценкам для отдельных параметров.

Идентификация параметров осуществлялась на основе обеспечения близости поведения объекта и его динамической модели по критериям качественной и количественной адекватности.

3 этап. На основе полученной модели системы возможна разработка мероприятий по улучшению процессов управления в реальном времени с целью достижения лучших показателей эффективности и безопасности производства, которые подразделяются на:

- параметрическую оптимизацию регуляторов;
- изменение структуры управляющих элементов и топологии схемы;

- изменение технологии добычи нефти. Первые два пункта являются традиционными при оптимизации сложных динамических систем.

В качестве мероприятий по изменению технологии предлагается рассматривать периодическое изменение отбора жидкости из добывающих скважин в виде импульсного воздействия при обеспечении заданного среднего отбора путем изменения частоты напряжения питания электродвигателей (рисунок 3,а), что дает возможность изменять среднюю обводненность продукции и удельные энергозатраты. Имитационное моделирование ряда скважин месторождений Западной Сибири показало, что подбор параметров импульсных воздействий позволяет уменьшить среднюю обводненность с 50% до 44,82% и снизить удельные энергозатраты с 10,025 кВт*ч до 8,666 кВт*ч на 1 м³ добытой нефти (рисунок 3,б). На рисунке 3,б на горизонтальной оси отмечены отклонения частоты напряжения питания от номинальной 50 Гц, верхняя кривая соответствует скважности сигнала 0,9, средняя – 0,7, нижняя – 0,5.

Результаты работы позволяют определить окрестность режимов работы скважин, в которых удастся снизить обводненность эмульсии и повысить эффективность в смысле удельных энергозатрат без проведения ширококомасштаб-

ных экспериментов на месторождении. Однако, окончательное уточнение параметров воздействий может быть проведено только экспериментально на действующих скважинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хисамутдинов Н.И. Совершенствование методов решения инженерных задач при добыче нефти на поздней стадии разработки. // Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений, № 8, 2002. –С. 16 – 19.
2. Жеребцов Е.П. и др. Совершенствование технологий нестационарного отбора нефти и закачки воды. // Нефтепромысловое дело, № 11, 2000. -С. 11 – 14.
3. Гильманова Р.Х. и др. Определение остаточных нефтенасыщенных толщин с учетом взаимодействия пластов в зонах слияния.// Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений, № 8, 2002. –С. 20 – 22.
4. Веревкин А.П., Кирюшин О.В., Соловьев В.Я. Моделирование и оптимизация процессов добычи нефти в динамике. //Вопросы управления и проектирования в информационных и кибернетических системах./Межвузовск. научн. сб. –Уфа: УГАТУ, 2003. -С. 175-180.
5. Лысенко В.Д. Инновационная разработка нефтяных месторождений. -М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. -516 с.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

ЭЛЕКТРОТОЧПРИБОР

Миниатюрный головной светильник СГГ-10 "ЭЛЬФ" взрывозащищенного исполнения для нефтегазохимии (1ExibIIBT5 X) шахт и рудников (PB ExibI X)

Масса 190 г

Долговечный светодиодный источник света
Индикация степени заряда аккумулятора. Часы
Автоматическое переключение на аварийный режим

г.Омск, пр.К.Маркса, 18
E-mail: tk-etp@mail.ru www.rbs.ru/etp

СВЕТИЛЬНИК
С УНИКАЛЬНЫМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ
СЕРЕБРЯНАЯ МЕДАЛЬ
КУЗБАССКОЙ ЯРМАРКИ
2007 ГОДА

Тел. (3812) 396-396

39-62-32

Тел/факс (3812) 31-78-59

31-00-78